

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2017
Vol.90 No.



特集 受配電・開閉・制御機器コンポーネント



特集 受配電・開閉・制御機器コンポーネント

安全かつ効率的に安定した電気エネルギーを供給することは、受配電・開閉・制御機器コンポーネントの重要な役割であり、その信頼性と効率の向上に対する期待はますます高まっています。

富士電機ではこの期待に応えて、受配電・給電システムおよび機械類の構成に最適な小型機器、省エネルギー機器、高圧機器について、系列拡大やリニューアルなどを実施し、市場ニーズにマッチした製品をタイムリーに展開することでご好評を得てきました。本特集では、富士電機の開閉・遮断技術をさらに進化させ、安全で効率的な電力供給に貢献することと同時に、使い勝手も向上させた受配電・開閉・制御機器コンポーネントの最新技術と製品について紹介します。

表紙写真

①押しボタンスイッチ「AY22 シリーズ」、②表示灯「DY22 シリーズ」、③デジタル形多機能リレー「F-MPC60G シリーズ」、④電子式漏電遮断器「EX シリーズ」、⑤「F-MPC Web ユニット」、⑥サーキットプロテクタ「CP30F シリーズ」、⑦密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」



目次

特集 受配電・開閉・制御機器コンポーネント

〔特集に寄せて〕『富士電機時報』発刊の意義を再認識 吉田 清	125 (3)
〔現状と展望〕受配電・開閉・制御機器コンポーネントの現状と展望 鈴木 健司 ・ 岡本 泰道	126 (4)
盤製作の省工数に貢献するねじレス端子技術と製品群 町田 謹斎 ・ 浜田 佳伸	134 (12)
スマート社会の発展に貢献する電子式漏電遮断器「EX シリーズ」 佐藤 佑高 ・ 橋本 貴 ・ 細岡 洋平	140 (18)
安全性・配線作業性が向上するサーキットプロテクタ 「CP30F シリーズ」 江村 武史	145 (23)
中国・アジア向けコマンドスイッチ (φ22) 「AY22 シリーズ」「DY22 シリーズ」 高野 芳弘 ・ 井上 辰志 ・ 山田 正士	150 (28)
IEC 規格に準拠した東南アジア向け高圧真空遮断器 (12 kV, 24 kV) 岡崎 貴幸 ・ 菊地 征範 ・ 徳永 圭秀	155 (33)
視認性・操作性が向上するデジタル形多機能リレー 「F-MPC60G シリーズ」 工藤 英樹	160 (38)
エネルギー管理システムを実現する 「F-MPC Web ユニット」「F-MPC ZEBLA」 圓淨 義紘 ・ 高橋 秀夫	164 (42)
高過電流耐量を備えた密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」 中 康弘 ・ 柴 雄二 ・ 櫻井 裕也	170 (48)
密閉型高電圧コンタクタの開発を支えるシミュレーション技術 坂田 昌良 ・ 竹本 貴紀	175 (53)
受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える材料技術 原 永治 ・ 吉澤 利之 ・ 小宅 美晃	181 (59)
受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える評価技術 秦 淳一郎 ・ 野村 浩二 ・ 庄司 和樹	186 (64)

新製品紹介論文

車載用第4世代ハイサイド型 IPS 「F5112H」	190 (68)
DFN8×8 パッケージの「Super J MOS S2 シリーズ」 「Super J MOS S2FD シリーズ」	193 (71)
略語・商標	196 (74)

Electric Distribution, Switching and Control Devices

[Preface] Re-Recognizing the Significance of the Publication of “Fuji Electric Journal” YOSHIDA, Kiyoshi	125 (3)
Electric Distribution, Switching and Control Devices: Current Status and Future Outlook SUZUKI, Kenji OKAMOTO, Yasumichi	126 (4)
Screwless Terminal Technology and Products that Contribute to Panel Manufacturing Labor Savings MACHIDA, Noriyoshi HAMADA, Yoshinobu	134 (12)
“EX Series” Electronic Earth Leakage Circuit Breaker that Contributes to Development of Smart Societies SATO, Yutaka HASHIMOTO, Takashi HOSOOKA, Yohei	140 (18)
“CP30F Series” Circuit Protector for Improving Safety and Wiring Workability EMURA, Takeshi	145 (23)
“AY22 Series” and “DY22 Series” Command Switches (φ22) for Chinese and Asian Markets TAKANO, Yoshihiro INOUE, Tatsuyuki YAMADA, Takashi	150 (28)
IEC Standard Compliant Vacuum Circuit-Breaker (12 kV, 24 kV) for Southeast Asian Markets OKAZAKI, Takayuki KIKUCHI, Masanori TOKUNAGA, Yoshihide	155 (33)
“F-MPC60G Series” Multifunctional Digital Relay Providing High Visibility and Operability KUDO, Hideki	160 (38)
“F-MPC Web Unit” and “F-MPC ZEBLA” for Implementing Energy Management Systems ENJO, Yoshihiro TAKAHASHI, Hideo	164 (42)
“SVE135” Sealed High-Voltage Contactor Having High Overcurrent Withstand Capability NAKA, Yasuhiro SHIBA, Yuji SAKURAI, Yuya	170 (48)
Simulation Technology Supporting Development of Sealed High-Voltage Contactors SAKATA, Masayoshi TAKEMOTO, Takanori	175 (53)
Materials Technologies Supporting Electric Distribution, Switching and Control Devices HARA, Eiji YOSHIZAWA, Toshiyuki OYAKE, Yoshiaki	181 (59)
Evaluation Technologies Supporting Electric Distribution, Switching and Control Devices HATA, Junichiro NOMURA, Koji SHOJI, Kazuki	186 (64)
New Products	
“F5112H,” 4th-Generation High-Side IPS for Automotive Applications	190 (68)
“Super J MOS S2 Series” and “Super J MOS S2FD Series” with DFN 8x8 Package	193 (71)
Abbreviations and Trademarks	196 (74)

特集に寄せて

『富士電機時報』 発刊の意義を再認識

Re-Recognizing the Significance of the Publication of “Fuji Electric Journal”

吉田 清 YOSHIDA, Kiyoshi

日本工業大学 電気電子工学科 教授 博士（工学）
IEC/TC94 国内委員会委員長

大学の図書館には、各社の技報が並んでいるコーナーがある。頻繁ではないが気になる見出しを見つけて拝見している。学会の論文誌とは違い、最新の技術トレンドを知るためには最適である。

また、同じ大学内に“工業技術博物館”という歴史的な産業機械を動態保存している博物館がある。1891年イギリス製の蒸気機関車を毎月運転しておりSLファンの間では知られている。展示物には、他に鉄道変電所で使われていたタコ型のガラス製水銀整流器があり、青白い放電をして動作している状態が見られる。先日、1924年製の富士電機製造株式会社の銘板が付いた誘導電動機の展示をたまたま見つけた。輸入工作機械の動力として使われており、現在でも動作するそうである。

そこで、『富士電機技報』がどのようなものか調べてみた。第1巻第1号は、93年前の1924年3月1日発行で、『富士電機時報』というタイトルである。発刊当初は、論文発表のみで、主にシーメンス社の論文を翻訳し、紹介した記事が多く、新技術が海外から導入されていたことがわかる。また、“発刊の辞”に初代社長の名取和作氏の以下の記述があるのが印象深い。“（前半部分略）独逸国の最新なる技術と学理とは我社之れを得るに至便なるの位置にあるにより独り我社之れを専にするの私心を捨て本冊子に依り定時廣く之を江湖（世間）に紹介せんと欲す読者若之により利する所あらば幸甚也”とある。この自社だけでなく広く社会のためにという考え方に感銘を覚えた。1924年3月は、関東大震災が起きた1923年9月1日からわずか半年後のことである。1935年からは、『富士時報』として特集が毎号に組まれている。2012年7月の第85巻第4号で、現在の『富士電機技報』に名称を変更してリニューアルされている。ブランドステートメントを“*Innovating Energy Technology*”としたことによると説明している。“このステートメントには、電気エネルギーと熱エネルギーの技術を革新し、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献するという私たちの想いを込めています”との解説があり、技術力への自信と飛躍の決意が感じられる。

今回の特集の“受配電・開閉・制御機器コンポーネン

ト”は電気エネルギー社会を支える基盤技術で、そこには当然、安全・安心で高い信頼性が要求される。“水と安全はタダ”といわれる日本社会であるが、少なくとも“電気エネルギーと安全はタダではない”ことを認識しなければならない。電気エネルギーほど便利なものはない。しかし、原子力や石炭、LNGなどは、全て輸入品でこれらから発電している。当然、重大事故や環境負荷へのリスクを伴う。家庭のブレーカ、コンセント、スイッチなどは、電気接点（コンタクト）を使い、通電（ON）と遮断（OFF）を行う。私たちは日常生活で当たり前に使っているが、IEC規格やJISにより、安全が確保されている。製品の開発には関係する規格、特にIEC規格やISO規格に準拠し、さらに認証を受ける必要がある。この原稿を書きながら、パソコンの電源アダプタを見ると、“UL, CE, GS, PSE”の規格のマークがある。全て安全に関する認証マークである。電源アダプタでさえ多くの規格をクリアしなければならないのであるから、電気エネルギーを制御するシステムや開閉機器が満足すべきものは、IEC規格の要求事項だけでも多岐に渡ることが想像に難くない。

話題は変わるが、IEC/TC94（補助継電器）の国内委員会の代表として新規規格を提案（NWIP）するため、5月のウィーン会議に派遣された。日本の提案は受理され、新規規格のWD（Working Draft）が回覧され、8月末の投票結果を待っている。Pメンバーと呼ばれる主要参加国の1/3以上の賛成でWG（Working Group）による規格開発がスタートする。しかし、3年以内に規格が発行されなければ、破棄される。規格は新規規格開発だけでなく、定期的にメンテナンスが行われる。自ら提案し作成することも現在ある規格を改定することもできる。そのためにはExpertを数多く参加させるなどAll Japanでの対応が必要となる。日本の製品開発のために、有利に規格を開発または改定するメリットは大きい。オリンピックで柔道のルールが改定され日本選手は不利になった。簡単ではないが、逆のことは行えばよいことは明らかである。規格への取組みについても、富士電機時報第1巻第1号の“発刊の辞”に述べられた社会的貢献の意義の再認識が必要ではないだろうか。

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの現状と展望

Electric Distribution, Switching and Control Devices: Current Status and Future Outlook

鈴木 健司 SUZUKI, Kenji

岡本 泰道 OKAMOTO, Yasumichi

1 まえがき

富士電機の受配電・開閉・制御機器コンポーネントは、電気設備や機械装置の中で多用される主要コンポーネントとして産業を支えている。近年では、燃料電池や太陽光発電、風力発電など再生可能エネルギーの需要拡大やトップランナー制度^(*)に代表される省エネルギー（省エネ）化、ならびに電気自動車などの環境対応自動車の普及が急速に進んでいる。これらのエネルギー分野の変化に応えるには、図1に示すように機器コンポーネントの基幹製品、新市場向けの製品開発をスピーディーに行い、その源泉となる製品化設計技術と製造・生産技術のレベルを確実に高めていくことが必要である。

本稿では、富士電機の機器コンポーネントの製品開

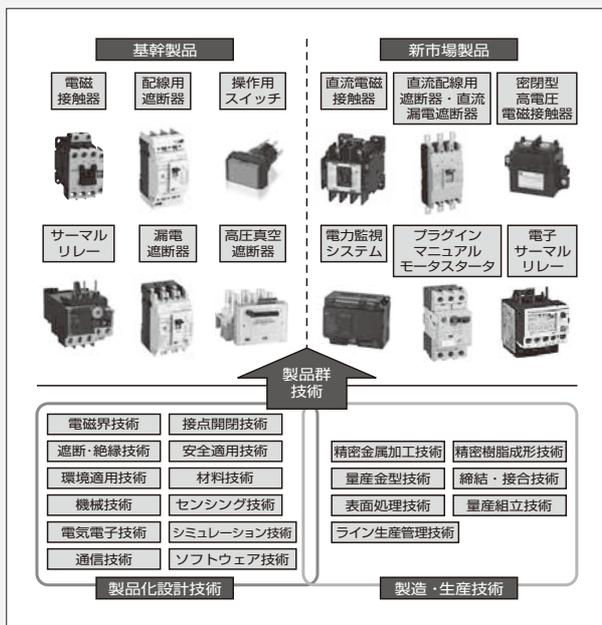


図1 機器コンポーネントと開発を支える基盤技術

(*) トップランナー制度

「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）に基づいて、エネルギー多消費機器のうち、対象

となる機器ごとに最も省エネルギー性能が優れている機器（トップランナー）の性能以上の基準値を設定し、目標年度を定めて省エネルギー製品の普及を促す制度をいう。

発と技術開発について述べる。

2 環境変化とメガトレンド

富士電機は、表1に示す昨今の機器コンポーネントを取り巻くメガトレンドと、そのニーズの変化を捉えた開発を行い、図2に示す新製品をタイムリーに市場投入している。

表1に示したメガトレンドの中で重要なことは、省エネや再生可能エネルギーなど、電気を“創る・送る・使う”というエネルギーマネジメントの革新や変化である。例えば、“創る”では、燃料電池、太陽光発電が増加し、発電効率向上、低損失化のために直流

表1 機器コンポーネントを取り巻くメガトレンド

分類	メガトレンド
エネルギーマネジメントの革新（省エネ、再エネ、創エネ）	<ul style="list-style-type: none"> ○スマートグリッド、スマートシティの拡大 ○燃料電池、太陽光発電、風力発電の増加 ○分散電源とIT化による高効率運用 ○直流電源高電圧化の拡大 ○環境対応自動車、電気自動車の増加 ○高効率IE3モータ、LED照明の増加
グローバル化の加速	<ul style="list-style-type: none"> ○東南アジアの本格的な経済発展 ○高機能型と経済型製品の二極化 ○国際規格の標準化
国内労働人口の減少	<ul style="list-style-type: none"> ○少子高齢化、労働時間の短縮 ○技能スキルの低下
安全・安心性能の向上	<ul style="list-style-type: none"> ○安定した機械・設備稼働、リスク低減 ○地震や火災などの防災対策 ○セキュリティ、監視システムの増加
IoT普及、ネットワーク拡大	<ul style="list-style-type: none"> ○M2M、相互通信ネットワーク ○故障予知、寿命診断、学習機能 ○自動設定システム
設計評価技術の革新	<ul style="list-style-type: none"> ○シミュレーション、3D設計 ○モジュール設計 ○加速評価による効率化、信頼性検証
材料技術の革新	<ul style="list-style-type: none"> ○カドミウムフリー、耐環境性材料 ○小型化に適したリサイクル性の高い材料
生産技術の革新	<ul style="list-style-type: none"> ○スマートファクトリ、ロボット ○フレキシブル生産方式FMS

項目	2005	2010	2015	2020
市場ニーズ	動向			
	グローバル化、人口減少、高齢化			
	省エネルギー、新エネルギーシステムの増加			
	安全・安心要求の高まり			
規制・規格化	IoT、ネットワークシステムの高度化			
	○環境規制 (REACH 規制)	○環境規制 (POPSs 条約)	○トッランナー方式 (変圧器、IE3 モータ)	
受配電・開閉・制御機器コンポーネントの新製品	○マニュアルモータスタータ	○G-TWIN シリーズ ○16minico シリーズ	○FJ シリーズ ○SK シリーズ ○G-TWIN A シリーズ、直流高電圧ブレーカ ○非常停止押しボタンスイッチ (φ22, 30) ○MULTI VCB ○LBS ○F-MPC04E	○密閉型高電圧コンタクタ
製品技術	○2 接点开極機構	○超小型メカ技術	○高効率電磁石技術 ○性能限界検証技術 ○ガス遮断技術	○ストリング監視ユニット
基礎技術		○アークガス流制御遮断技術	○直流高電圧遮断技術 ○直流配電系統保護技術 ○アークシミュレーション技術	

図2 近年の製品開発の歴史

高電圧化が促進されている。“送る”では、これら分散電源と電力供給を安全かつ効率的に運用するためのIT化、直流送電の低損失化などが進んでいる。“使う”では、LED照明や高効率モータが増加し、直流高電圧バッテリーを搭載した電気自動車が世界規模で急増している。このように、エネルギーマネジメントシステムは、効率的で安全かつ賢い電気システムに進化している変遷時期にある。

③ 市場要求と富士電機のこれまでの取組み⁽¹⁾

機器コンポーネントが多用される機械制御や、受配電の各分野における富士電機のこれまでの取組みについて述べる。

3.1 トッランナーモータへの対応

電磁開閉器^(*)2)の国際規格 IEC 60947-4-1 が、2019年3月に第4版として改定される予定である。この改定では、日本でも2015年4月に「エネルギー使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)で規定されたトッランナーモータへの対応が盛り込まれる。トッランナーモータは高効率化により始動電流が高い傾向がある。このモータを使用する場合、従来の配線用遮断

器(MCCB)^(*)3)、漏電遮断器(ELCB)^(*)4)とサーマルリレー^(*)5)では高い始動電流により不要な動作をする可能性がある。そこで、定格電流の7.2倍で3秒以上の動作時間を確保した新型サーマルリレーを組み合わせた小型電磁開閉器「SW-N03」や「SW-N5-1」などを、2016年に開発した(図3(a))。

なお、この新型サーマルリレーは欠相保護機能を標準で装備し、モータ保護を強化している。

また、同様にMCCB、ELCBも不要な動作を抑制するため、100AF、125AF、250AFの瞬時特性値を

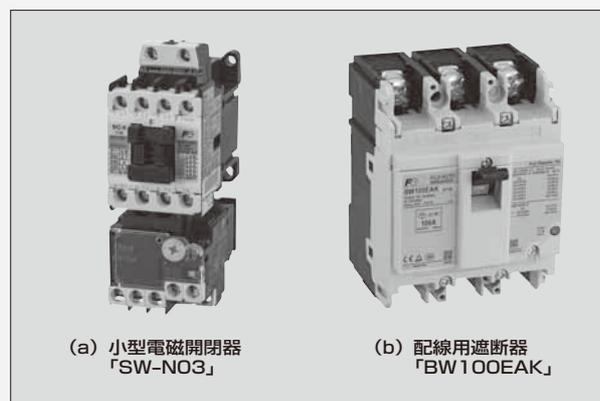


図3 トッランナーモータ対応の電磁開閉器とMCCB

(*)2) 電磁開閉器

一般に電動機回路に使用され、回路の開閉および電動機の過負荷保護の能力を持つ機器で、電磁接触器(*)6)と過負荷継電器(*)5)とを備えている。

過電流を検出する原理から、完全電磁式、熱動電磁式、電子式などの区別がある。MCCB (Molded-Case Circuit-Breaker)ともいう。

型、地絡のみで動作する地絡保護専用型などがある。ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)ともいう。

(*)3) 配線用遮断器 (MCCB)

過負荷や短絡などの要因で二次側の回路に異常な過電流が流れたときに回路を開放し、一次側からの電源供給を遮断することにより、負荷回路や電線を損傷から保護するために用いる過電流遮断器の一種である。

(*)4) 漏電遮断器 (ELCB)

漏電による漏れ電流を検出し、回路を自動的に遮断する機能をもつ遮断器である。配線用遮断器が過負荷や短絡による過電流から回路を保護しているのに対し、漏電遮断器は地絡による感電を防止する目的で回路に設けられる。配線用遮断器の機能を併せ持つ兼用

(*)5) 過負荷継電器 (サーマルリレー)

一般にモータの焼損を防ぐために、過負荷電流を検出する機器で、電磁接触器と組み合わせて使用される。電流をヒータにより熱に変換し、バイメタルの変位量で過負荷を検出する。サーマルリレーともいう。

最適化した高インスタントブレーカ（MCCB、ELCB）を、2015年に開発した。モータ定格に対してMCCB、ELCBのフレームサイズを大きくすることなく機種を選定できるようにしている（図3（b））。

3.2 太陽光発電用PCSへの対応

太陽光発電システムで発電した電気を直流から交流に変換するパワーコンディショナ（PCS）の一次側に設置される電磁接触器^(※6)は、メンテナンスや設備の故障時において太陽光発電設備を電力系統から解列する。富士電機では、メガソーラーと呼ばれる出力1MW以上の太陽光発電システムにも対応できる、550A、660A、800A 定格のPCS用電磁接触器「DSシリーズ」をラインアップした。図4は、定格電流550Aの「SC-N12/DS」である。電磁石の制御回路を改良し、ON状態を保持するときの消費電力を従来品よりも



図4 電磁接触器「SC-N12/DS」



図5 DC600V 小型直流 MCCB

10% 低減させ、さらに接点部の通電性能を高めて損失を低減し、従来品よりも省エネ化を実現している。

低圧機器では、直流高電圧無極性遮断技術を開発し、主にメガソーラーのPCS向けDC1,000V、750Vの直流回路保護用MCCBや、600V回路用としてアーク転流遮断^(※7)方式によりさらなる小型化を推進した製品を開発し、発売した（図5）。

3.3 「シンクロセーフコンタクト」搭載の押しボタンスイッチ

制御機器の工業用操作スイッチは、国際規格IEC 60947-5-1、IEC 60947-5-5により取扱いに関する多くの規定が定められている。富士電機はこれらに適合した押しボタンスイッチを開発し、「コマンドスイッチ」の名称で市場に投入してきた。

最近では、各種機械装置に使用され、災害発生を防止する「シンクロセーフコンタクト」搭載の非常停止用押しボタンスイッチを開発した（図6）。接点部が操作部本体から不意に外れても、メイン回路が開路となる高い安全性を持っている。

3.4 省力化、省工数化への対応

2014年5月に国土交通省が取りまとめたインフラ長寿命化計画では、インフラのメンテナンスの重要性を打ち出している。ビルや商業施設のリニューアル需要の高まりと、少子高齢化の進行による労働人口の減少を踏まえ、機器コンポーネント自体の省力化や省工数化に貢献できる製品の提供が求められている。

プラグイン形MCCB、ELCBでは、配電盤・電灯分電盤・データセンター向け分電盤など、幅広い産業分野向けにラインアップを拡充している（表2）。

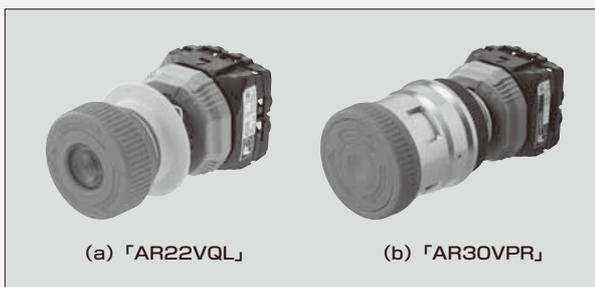


図6 非常停止用押しボタンスイッチ

(※6) 電磁接触器（コンタクト）

電磁石と連結した接点を駆動する機器で、この電磁石を操作することにより回路の開閉ができる。一般的なリレーと機能は似ているが、比較すると大電流の開閉が可能であることと堅牢（けんろう）性に特徴がある。

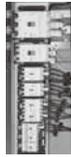
コンタクトともいう。

(※7) アーク転流遮断

接点开極時に発生するアークをアークランナーと呼ばれる導体に転流させ、遮断時の通過エネルギーを低減

させる遮断技術である。配線用遮断器などの機器の小型化・高遮断容量化を可能とする。

表2 プラグイン形 MCCB, ELCB ラインアップ一覧

項目	仕様				
構造区別	母線直結形				ソケット形
	配電盤	電灯分電盤	サーバ分電盤		
分岐最大定格	630 A	30 A	60 A	50 A	50 A
					
プラグ接続	一次側	一次側	一次側	一次側	一次側 二次側
母線配置	垂直	水平	垂直	垂直	—
母線ピッチ	70mm	15mm	30mm	30mm	—

4 市場要求に応える最新の開発状況

4.1 開閉機器^(※8)

昨今、要求が高まっている開閉時の静音化に対応した静音電磁接触器「SLシリーズ」、ならびに直流高電圧に対応した密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」を開発した。

(1) 静音電磁接触器「SLシリーズ」

高級ホテルやマンションのエレベータでは、マシンルームレス化が進んでいる。コンタクタなどの制御機器を収納した制御盤は、エレベータのかごの近くに設置されることが多い。このため、電磁接触器には動作時の静音化が求められる。そこで、従来の標準品よりも動作音を大幅に低減した静音電磁接触器「SLシリーズ」を2016年に開発した(図7)。主な特徴は次のとおりである。

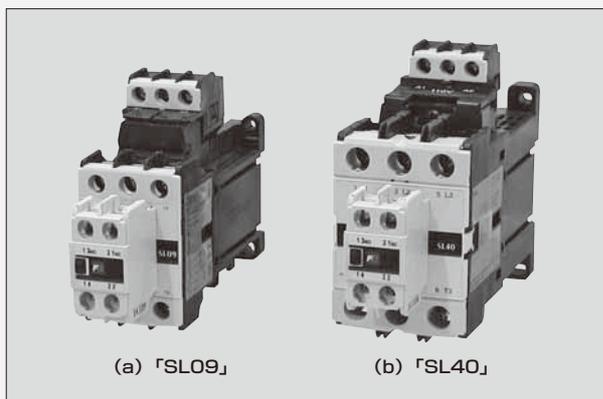


図7 静音電磁接触器「SLシリーズ」

(※8) 開閉機器

モータなどの電気回路を頻繁に開閉するために、低圧回路で使用される機器である。本特集では、電磁接触器、電磁開閉器のことをいう。

(※9) 制御機器

機械やシステムを制御するために、低圧の制御回路に使用される機器である。本特集では、操作スイッチ、リレー、センサ、タイマのことをいう。



図8 密閉型直流高電圧コンタクタ「SVE135」

おりである。

- (a) 動作音の低減(標準品比で約10 dBA以上低減)
 - (b) 操作電源 AC/DC 共用
 - (c) コイルサージ吸収機能の内蔵
 - (d) 中国強制製品認証(CCC)の取得
- (2) 密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」

ハイブリッド自動車や電気自動車の普及、メガソーラーなど直流高電圧システムの増加に伴い、近年、直流回路用コンタクタの需要が高まっている。電気自動車に搭載されるコンタクタには、小型化をはじめ、高い安全性と信頼性、耐環境性が求められている。富士電機はこれらの要求に応え、車載用の他に燃料電池や太陽光発電、バッテリーシステムなどに適用できる定格電圧 DC450 V、定格電流 135 A の密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」を開発した(図8)。主な特徴は次のとおりである。

- (a) ガスを封入した密閉カプセル内に接点部を配置して遮断性能と防塵(ぼうじん)性を向上させ、従来のコンタクタよりも大幅な小型化と高接触信頼性を実現した。
- (b) 独自の接点部構造により高過電流耐量 20 kA という高い安全性を確保した。
- (c) バッテリーの充放電に対応する無極性化と正逆同一遮断性能により安全性を確保した。
- (d) 全方向取付け可能による使いやすさの向上と、小型化を実現した。

(170 ページ “高過電流耐量を備えた密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」” 参照)

4.2 制御機器^(※9)

(1) 中国・アジア向けコマンドスイッチ

取付け穴 φ22 のスイッチの需要が拡大している中

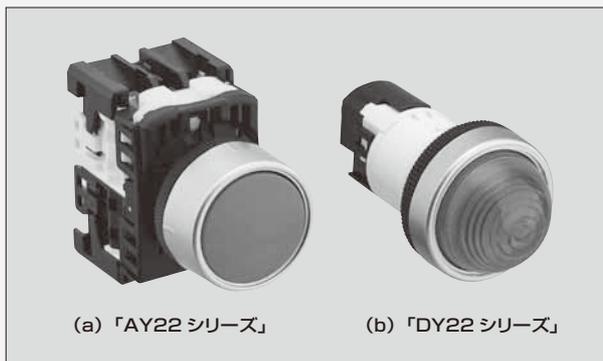


図9 コマンドスイッチ (φ22)

国・アジア向けに、コマンドスイッチ「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」を開発した(図9)。主な特徴は次のとおりである。

- (a) 高級感を感じさせる外観
- (b) 構造部品のモジュール化
- (c) 端子部のIP2X対応
- (d) トランスレス方式のLEDランプ

(150ページ“中国・アジア向けコマンドスイッチ(φ22)「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」”参照)

(2) 省工数機器, 省線化機器

欧米では既に多用されつつあるが、日本国内では少子高齢化による労働人口の減少や、熟練作業者の減少による技能スキルの低下を背景に、制御盤組立やメンテナンス作業の工数削減や簡素化に対応する省工数機器, 省線化機器の要求が高まっている。

- (a) 盤への器具据付や配線の工数削減によるコストダウン
- (b) 盤の小型化による省スペース化
- (c) 盤内の配線作業における電気接続の品質向上

最近では、制御盤用のねじレス端子技術を開発した。また、受配電盤では製品の取付けと配線を同時に行うプラグイン形の配線用遮断器を市場投入している(134ページ“盤製作の省工数に貢献するねじレス端子技術と製品群”参照)。

4.3 高圧受配電機器^{(*)10}

国内では、2013年に高圧交流負荷開閉器(LBS)と高圧真空遮断器(VCB)の主要2機種を開発し、モデルチェンジを行った。この先もVMC(真空電磁接触器)や遮断電流が20kAを超える大型のVCBなどにおいて、長寿命グリースの採用や絶縁部材の耐トラッキング性能の向上などを図り、リニューアルや更新に

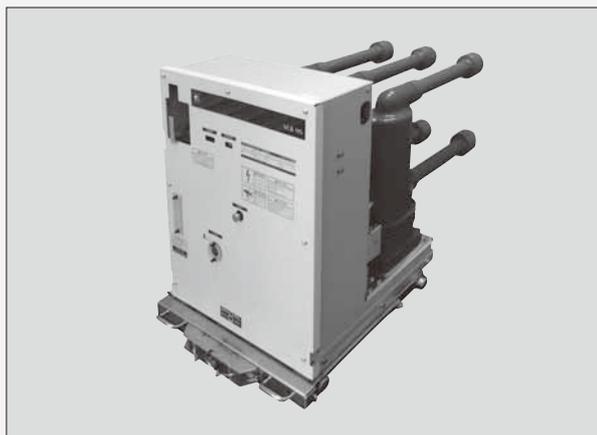


図10 IEC規格準拠24kV VCB

よる需要に対応していく。

海外では、成長を続ける東南アジア諸国において使用される高圧受配電盤は、国際規格への対応が必須である。これまで国内のJEC規格やJEM規格に準拠するだけでなく、VCBを含めた高圧スイッチギアに関する国際規格であるIEC 62271シリーズに準拠し、より安全性の高い製品にしていく必要がある。そこで、VCB「HSシリーズ」の12kV, 24kVの製品を開発した(図10)。主な特徴は次のとおりである。

- (a) VCBの出し入れ機構
- (b) メンテナンス時の主回路部の金属シャッター
- (c) 短時間短絡電流耐量3秒(従来品は1秒)

また、24kV VCBを小型化するため、真空バルブの固体絶縁方式を富士電機で初めて採用し、従来の気中絶縁方式よりも容積比で約40%の小型化を実現した(155ページ“IEC規格に準拠した東南アジア向け高圧真空遮断器(12kV, 24kV)”参照)。

これら高圧機器の保守や管理の作業、電力の異常の検知には、保護継電器や電気指示計器が使用される。富士電機ではデジタル形多機能リレー「F-MPC60シリーズ」のモデルチェンジを推進している。従来の機能を継承しつつ、新たに事故波形記録機能やカラーLCDディスプレイを採用し、ヒューマンマシンインタフェースの向上を図るとともにIEC規格に準拠した保護特性を持ち、グローバル対応を行っている(図11)(160ページ“視認性・操作性が向上するデジタル形多機能リレー「F-MPC60Gシリーズ」”参照)。

4.4 低圧受配電機器^{(*)11}

工作機械や製造装置などの制御盤には多数のコン

(*)10 高圧受配電機器

電力会社から供給された電力を、需要家の負荷設備に応じて安全・安定的に供給することを目的に設置される高圧電気設備に使用される機器の総称である。3.6/7.2kVから36kVまでの真空遮断器、負荷開閉器、

断路器、ヒューズ、電磁接触器、保護継電器などがある。

(*)11 低圧受配電機器

直流750V以下、交流600V以下の配電回路や電気工作物の保護を目的とした電気保安機器の総称である。

気中遮断器、配線用遮断器、漏電遮断器、ヒューズ、サーキットブレイカなどがある。



図11 デジタル形多機能リレー「F-MPC60G」

ポーネント機器が搭載され、機器間を結ぶ制御配線が膨大な数になる。そのため、より高い作業効率と誤作業の撲滅のためには、配線接続にねじを使わない速結形の端子構造を持つ機器の提供が強く求められている。

受配電の電気設備においても、増設や容量変更時の工事の短納期化や盤の小型化が要求される。そのため、作業効率の向上による工数削減および配線の省スペース化に対応した機器が求められている。

富士電機では、このような要求を満足するだけでなく“高付加価値商材の創出”を行うため、既存顧客はもちろんのこと潜在顧客も含めた幅広い層からのニーズの収集、ならびにプロトタイプによるコンセプト・仕様の事前検証を実施している。

製品の企画段階においては、試作品を組み込んだモデル盤を使用し、顧客が実際に使用する場面を想定した状況を作って具体的なニーズを製品コンセプトに反映している。例えば、スプリング端子形の配電・制御機器の開発を推進している。

また、病院やデータセンターなどに設置されている受配電設備は、高い給電信頼性が求められている。そのため、そこで使われている配線保護機器には、きめ細かい保護協調特性によって不要動作を抑制することや、過電流・漏電などの回路の異常を事前に予知・発報するなどの機能が必要となっている。富士電機は、小型漏電・計測ユニットを搭載した電子式漏電遮断器「EXシリーズ」を開発した(図12)。主な特徴は次のとおりである。

- (a) 定格電流や長・短限時、瞬時引外し特性の可調整機能により、保護協調が容易であり給電信頼性の向上に貢献する。
- (b) 計測機能、通信機能、プレアラーム機能を備え



図12 電子式漏電遮断器「EXシリーズ」

ている。

- (c) MODBUS インタフェースを搭載し、電力監視機器と組み合わせた保護・状態監視が可能である。
 - (d) 従来機である配線用遮断器「BXシリーズ」と同一外形寸法であるため、更新が容易である。
 - (e) 250 A、630 A の2フレームを用意し、高い遮断性能を実現している。
- (140 ページ“スマート社会の発展に貢献する電子式漏電遮断器「EXシリーズ」”参照)

4.5 電力監視機器^(*12)

富士電機のIoT (Internet of Things) のキーワードとしている“Small, Quick Start & Spiral-up”にもあるように、産業分野ではIoTの導入に当たり、電気使用量のデータ収集などのsmall-startから始めることが多い。

照明や空調といった機器を従来のように監視するだけでなく、省エネ対象として自動で制御することが求められている。一方で、需要家側の電力平準化を図るためデマンド監視からデマンド制御(デマンドレスポンス)に移行する必要もある。

新型「F-MPC Webユニット」(図13)は、データ収集専用のWebサーバを搭載した小規模な電力監視や省エネシステムを構築できる機器である。PC上からInternet Explorerなどのブラウザを使用して監視できる。スマートフォンやタブレット端末からの操作も想定し、WindowsなどのOSに依存しない仕組みの採用や、ハードウェアのインタフェースには、USBによる通信変換器を用いることにより、通信技術の変化にも継続的かつフレキシブルに対応できるようにしている(164 ページ“エネルギー管理システムを实

(*12) 電力監視機器

電気設備の予防保全や省エネルギー活動支援の目的で、電圧、電流、電力などの電気を計測し、監視や

発報を行う機器やシステムの総称である。デジタル形多機能リレー、低圧絶縁監視システム、配電監視ユニットなどがある。



図 13 新型「F-MPC Web ユニット」

現する「F-MPC Web ユニット」「F-MPC ZEBLA」参照)。

5 製品開発を支える最新の技術

新製品開発に欠かせないコア技術の開発には、国内有数の短絡発電機や高度な材料分析機器、最先端の有限要素法を用いた解析技術などを活用している。

5.1 材料技術

機器コンポーネントで使用される材料の要求仕様は、高度化が進んでいる。例えば、小型化を推進していく上で不可欠な、筐体(きょうたい)や通電部の絶縁性能の向上のために、材料配合の最適化や適用に向けた実機検証を進めている。

環境規制にもタイムリーに対応していく必要がある。富士電機では、機器に使用する樹脂を、熱硬化樹脂からリサイクル性の高い熱可塑樹脂への代替を行い、また、難燃性樹脂を非ハロゲン化するためにりん化合物系材料を採用した。接点材料はRoHS指令による使用規制に対応するため、カドミウムフリー化を促進し、溶着性向上や温度上昇が抑制できる材料を開発している。直近では、2019年からRoHS指令により規制されるフタル酸エステル類についても対応を推進中である(181ページ“受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える材料技術”参照)。

5.2 シミュレーション技術

最先端のコンピュータを使用した有限要素法やその他の解法を用いて、構造、電磁界、熱流体、機構、振動衝撃などのシミュレーション技術を高めており、さらに、これらを組み合わせた複合シミュレーションを行っている。実際の設計検討に使用できるよう計算精度の向上と計算時間の短縮に取り組み、最適化設計と設計品質の向上を図り、製品の超小型化、高性能化、

低消費電力化を実現する。

最近では、特に有接点機器の小型化や高性能化を行うため、熱流体解析と電磁界解析を連させたアークシミュレーション技術の高精度化に取り組んでいる。金属や樹脂の蒸発を考慮した計算やピコ・サバルの式に基づく磁場計算のほか、表面電流法を用いて磁性体も考慮した磁場計算を行うことで、現実のアーク挙動がよく一致する計算結果を短い時間で得ることができる(175ページ“密閉型高電圧コンタクタの開発を支えるシミュレーション技術”参照)。

5.3 評価技術

機器コンポーネントの製品開発では、実際の使われ方を考慮し、次に示す四つの評価を行い、製品品質をつくり込んでいる。

- (a) 製品性能を決める因子の絞込み評価
- (b) 使用環境を考慮した信頼性評価
- (c) 取扱い性を考慮したインタフェース評価
- (d) 製品規格に基づく特性評価

これらの評価を迅速かつ確実にを行うために、技術部門を集結させた開発評価棟を建設し、評価効率向上や設備能力を強化した。これらの評価技術を業界トップレベルにまで高め、評価試験設備は低圧製品における日本唯一のカスタマラボ認定試験所として認証を受けている。

顧客ニーズに応え、高い信頼性に裏付けされた一歩先をいく性能と品質を兼ね備えた製品を市場にタイムリーに提供するため、現有設備を効率よく運用して開発効率の向上を図っていく。さらには、評価技術者が積極的に顧客と会話して市場の声を収集し、製品評価を進めることで、顧客にとって安全・安心でより使いやすい製品を開発している(186ページ“受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える評価技術”参照)。

5.4 ものづくり技術

安定した品質で顧客に製品を提供するために、次に示す生産技術力を高め、製品組立だけでなく部品加工の内製化を進めている。

(1) 接合技術

通電経路を構成する銀、銅、鉄系の材料を締結する技術である。近年は、小型化や品質の安定化を狙い、レーザ溶接の適用を拡大している。

(2) 表面処理技術

防さび目的のみでなく、近年は複雑な形状の端子に薄膜の絶縁コーティングを施す高度表面処理を推進中である。

(3) 塑性加工技術・モールド成形技術

金属やプラスチックを安定した品質で生産性を高める加工を行う技術である。精密化、複合化を進めてい



図 14 双腕ロボットを使った電磁開閉器の生産ライン

る。

(4) 自動化技術

多品種少量生産の対応のために柔軟性の高い自動化生産ライン構築を推進中である。より人に近いものづくりを実現するロボット組立の開発を進めている（図 14）。

ものづくりは、日本から中国へ、アジアへと拡大し、特に現地設計や地産地消の強化、グローバル調達を拡大し、海外でコスト競争力のあるものづくりを実現することが直近の課題である。このような状況の中で、国内工場はこれからも改善と品質のづくり込みを強化し、マザー工場としてものづくり技術を海外の生産拠点に伝える役割を担っている。

6 将来展望

これまで FA 化の進展に対応する機器コンポーネントを開発し、提供してきた。これに加えて、IoT を活用し、工場内の設備や機器の全てをつないだスマートファクトリに適した機器コンポーネントをはじめ、センサや通信モジュールの開発にも精力的に取り組んでいく。ハード技術のみならず富士電機が保有する AI 技術を応用し、予測や判断能力を高めたアルゴリズム

とセンサを組み合わせた複合モジュールを機器に組み込むことにより、長期メンテナンスフリー化や省エネに優れたシステムを提案していく。

今後は、半導体デバイスの活用や電子化への取組みとして、富士電機の SiC（炭化けい素）半導体素子と有接点とを組み合わせたハイブリッドスイッチ機器の開発なども期待されている。これらの先端技術は、今後ますます重要度が増していくと推察され、富士電機は、今後も自社で保有する高度な技術力を武器にして、イノベーションによる持続的な成長を目指していく。

7 あとがき

富士電機の機器コンポーネントにおける製品開発と技術開発について述べた。今後も富士電機は、新しいエネルギーマネジメント時代の到来を大きなトレンドとして捉え、受配電・開閉・制御機器コンポーネントの新たな技術開発とともに、お客さま、地域や社会、関連企業などとも力を合わせて協働して連携を図り、新たな価値をお客さまにお届けし続けることにより、社会に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 浅川浩司. 受配電・開閉・制御機器コンポーネントの現状と展望. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.3, p.168-175.



鈴木 健司

開閉制御機器の製品開発と技術開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部次世代開発プロジェクト部長。電子情報通信学会会員，電気学会会員。



岡本 泰道

低圧遮断器および高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部長。

盤製作の省工数に貢献するねじレス端子技術と製品群

Screwless Terminal Technology and Products that Contribute to Panel Manufacturing Labor Savings

町田 謹斎 MACHIDA, Noriyoshi

浜田 佳伸 HAMADA, Yoshinobu

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの多くが、制御盤や受配電盤で使用されている。近年では熟練作業者の減少により、配線工数の削減、スキルレス、メンテナンスレスのニーズが高まっている。このニーズに応える省工数機器を具現化するため、顧客の声を直接聞きながら、問題解決を図るためのプロトタイプングを行った。これにより、配線工数の削減、盤の小型化、使いやすさ・信頼性・メンテナンス性の向上に寄与するねじレス端子技術を開発した。また、省工数機器としてプラグインブレーカが普及しており、信頼性と利便性が向上した新たなプラグインブレーカを開発した。

Many electric distribution, switching and control devices are used in controlboards and switchboards. In recent years, the decrease in skilled workers has led to a greater demand for reduced wiring person-hours, as well as maintenance-free and skill-free equipment operation. In order to develop labor saving equipment that meets these needs, we carried out customer interviews and surveys and implemented prototyping with the goal of solving their problems. As a result, we have developed a screwless terminal technology that contributes to reducing wiring man-hours, while miniaturizing the size and improving the ease-of-use, reliability and maintainability of panels. Furthermore, we have also developed a new plug-in circuit breaker that improves reliability and facilitates convenience in order to meet the growing popularity of labor saving plug-in circuit breakers.

① まえがき

受配電・開閉・制御機器コンポーネント（コンポーネント）の多くが、制御盤や受配電盤の構成部品として使用されている。富士電機は、コンポーネントにおける継続したニーズである小型化、高性能化、ユーザインタフェースの向上、およびグローバル化に対応してきた。近年ではこれに加えて、熟練作業者の減少に伴って、配線工数の削減、スキルレス、およびメンテナンスレスの高まるニーズに対応した技術や製品の提供が求められている。

富士電機は、お客さまからニーズを直接聞きながら、新製品のコンセプトと仕様について十分な事前検証を行い、製品開発を行っている。

本稿では、このような事前検証と開発を行った制御盤におけるねじレス端子技術、ならびに受配電盤において製品取付けと配線を同時に行うプラグイン形の配線用遮断器（ブレーカ）について述べる。

② 顧客ニーズの把握と製品開発への反映

富士電機は、コンポーネントの主要顧客である機械メーカーと盤メーカーが直面している課題を調査した。調査結果は次のとおりであった。

- コストダウンのための部材の購入費や組立時間の削減
- 品質の維持・向上
- 配線作業の簡易化とメンテナンスフリー化

また、国内のコンポーネントで使用しているねじ端子に関して次に示す問題があることが分かった。

- (a) 配線工数が掛かる。ねじ端子を緩め、電線先端に圧着端子をかきめ、ねじで締め付け、締め付けの確認を行う必要がある。

- (b) 端子ねじの締め付けには、トルクの管理が必要である。

- (c) 端子ねじは、時間の経過とともに緩むため、盤の運搬後に増し締め作業が必要である。

- (d) ねじ締めは、有資格者による作業が必要である。

このようなねじ端子の問題を解決するために、制御回路から主回路までのコンポーネントに対して、ねじレス端子構造のアイデアなどを盛り込んだモデル制御盤を製作し、直接、顧客の声を聞きながら問題解決を図るためのプロトタイプングを行った。

③ ねじレス端子の対象製品群と開発項目

3.1 ねじレス端子の対象製品群

富士電機は、主回路から制御回路までのコンポーネントについてニーズの高いねじレス端子技術を開発している。

図1に開発計画中のねじレス端子の製品群を示す。

3.2 ねじレス端子技術の開発項目

顧客ニーズについてレビューを行い、配線工数の削減、盤の小型化、使いやすさ・信頼性・メンテナンス性の向上に寄与するねじレス端子技術の開発項目を図2のようにまとめた。

ねじレス端子として、電線を板ばねの力で保持する構造のスプリング端子を採用した。スプリング端子は、既に端子台にねじ端子と併用されている。なお、スプリング端子に電線を接続するときは、より線または単線の先端の被覆を剥いてから挿入して接続する。より線の先端の素線ばらけを防止するときに、フェルール端子が主に使用されている（表1）。

- (1) 配線性と使いやすさに優れたプッシュイン方式

スプリング端子には、プッシュイン方式とケーシクラ

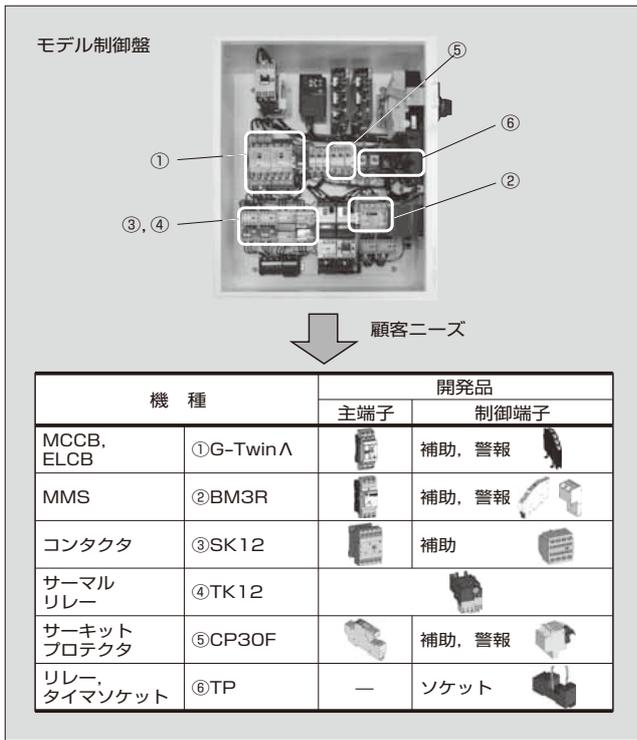


図1 開発計画中のねじレス端子の製品群

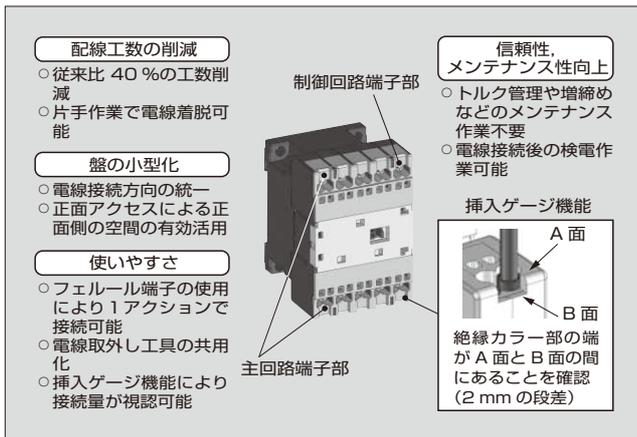


図2 ねじレス端子技術の開発項目

プ方式の二つの方式がある。ケージクランプ方式では、工具を挿入した後、電線を差し込み、工具を抜くという三つの作業工程からなる。これに対して、プッシュイン方式では電線を差し込むだけの一つの作業工程で配線作業が完了する。そこで、工数が少なく配線性に優れているプッシュイン方式を採用した。さらに、電線を外す場合も工具を差し込んで片手で作業ができる構造にしている。

また、渡り配線に対応できるように各端子は分岐端子付としている。端子の配置は、リレーやタイマソケットのように、複数極の電線の差込穴を持つ機器では電線の差込穴を一行に並べる構造が一般的であった。しかし、この構造ではマークチューブがひしめき合い、表示文字が見にくくなるという問題があった。そこで、分岐端子を1列ずらした千鳥配置(図3)とし、見やすさに配慮した。

さらに、配線作業者が電線の差込みが完了したことを視

表1 プッシュイン方式とケージクランプ方式の特徴

方式	接続電線	電線の差込み作業		
		工具挿入	電線挿入	工具を抜く
プッシュイン	より線			
	単線	なし		なし
ケージクランプ	より線			
	フェール端子			

スプリング端子に使用する電線

より線 単線 フェール端子

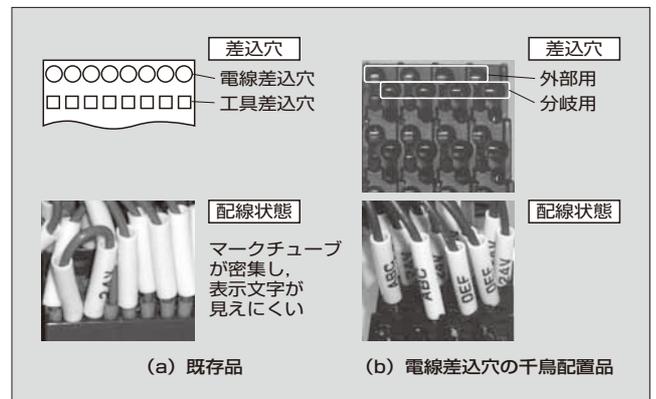


図3 リレー, タイマソケットの千鳥配置

覚的に認識できる挿入ゲージ機能を表面カバーに取り入れた。絶縁カラー付フェール端子を使用するユーザの声を基に、表面ケースと絶縁カラー部との視認性の優れた位置関係とした。また、配線作業者が電線の差込み作業を途中で止めないように、電線と板ばねが係合した後に荷重が変化する機構を設け、電線の差込み途中で止めにくする工夫も取り入れている。

(2) 盤の小型化への貢献

全ての電線の差込み作業を、機器の正面から行う構造とした。正面側の空間を有効に使用することによって、機器を効率的に取り付けることができる。また、電線の差込み方向を統一することによって、盤の配線作業の自動化につながる。

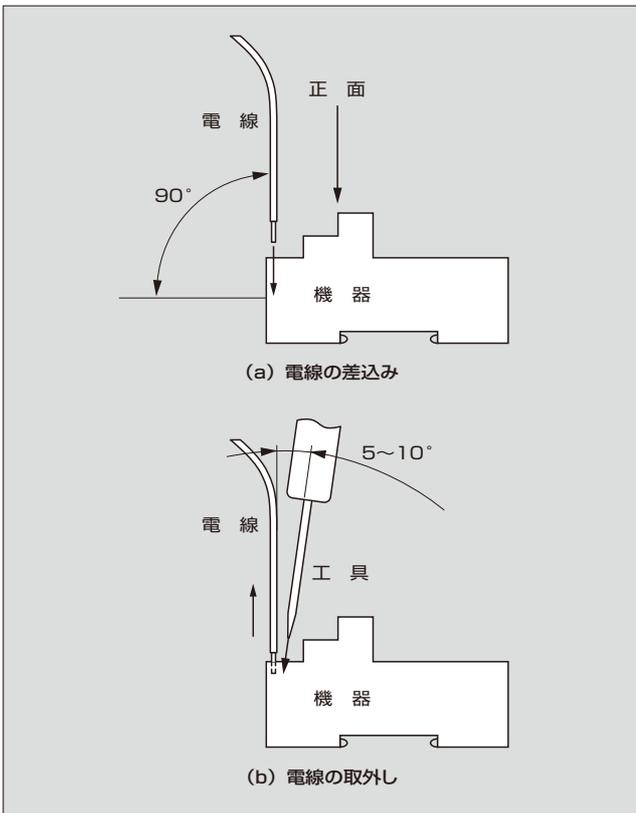


図4 電線と工具の差込み方向

さらに、電線取外し作業の際に5～10度傾けて工具を差し込む構造とすることにより、電線差込穴が工具の柄の部分で隠れることなく見えるようにした(図4)。

4 プッシュイン方式のスプリング端子の設計指針

プッシュイン方式では、接触抵抗の抑制、電線引抜力の確保、ならびに耐振動、耐衝撃、耐過電流などの接触信頼性の確保が必要である。また、電線を押しやる力(電線押え力)を増加させると電線の挿入力も大きくなる。フェール端子の挿入性を損なわない電線押え力で、接触信頼性を確保する必要もある。

これまでの接触信頼性に関するノウハウに加え、接触抵抗、電線挿入力、耐振動、耐衝撃、耐過電流の個別性能に及ぼす電線押え力の影響などの基礎データを蓄積し、図5のように共通の設計範囲をまとめた。横軸の電線押え力と縦軸の電線挿入力は比例関係にあることを明確にした。電線押え力の上限は、顧客が電線の挿入しにくさを感じない電線挿入力の上限のときの電線押え力とした(図5のB)。これに加えて、他の個別性能に対して必要な電線押え力を求め、範囲の下限の電線押え力を設定した。

4.1 板ばねと電線の接触形状と接触抵抗

プッシュイン方式において、電線を差し込んだ後の板ばねと電線と導体の接触状態および断面写真を図6に示す。電線の素材は銅である。電線に図の上方向に引っ張る力が作用しても、ステンレス製板ばねの先端の一部の電線への

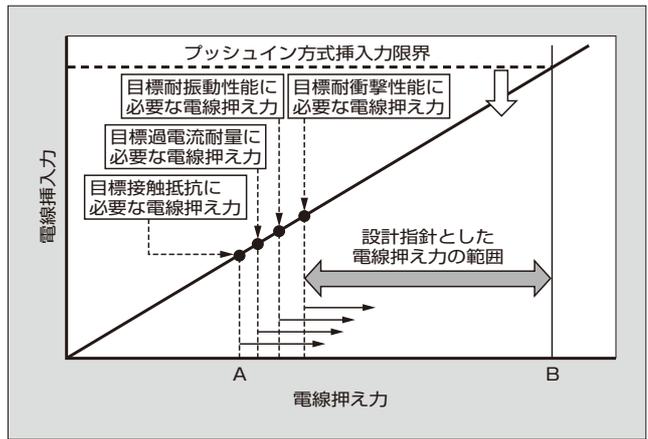


図5 共通設計指針

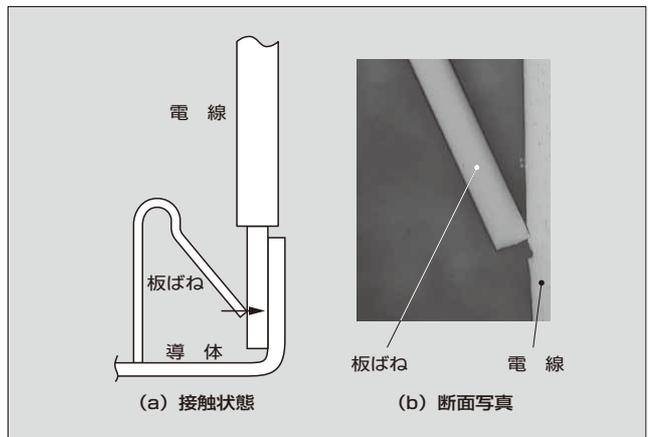


図6 板ばねと電線と導体の接触状態

食込みがロックする作用として働く。これにより引抜力は、IEC 60947-1(低圧開閉装置及び制御装置)で定められる捻回試験後のプルアウト試験の基準値よりも数倍高く、端子ねじと同様に簡単に電線が抜けない構造となっている。

板ばねと電線の電気的接触は、板ばねが食い込む方向に図6の矢印で示す板ばねの力が電線に作用し、導体が電線を押しやる構造になっている。また、これまでに電気接点の接触圧力と接触抵抗の関係のデータを蓄積している。このデータを生かしながら、最も基本のデータである電線押え力と接触抵抗の関係を明確にし、安定した接触抵抗で使用できる設計とした(図7)。

4.2 耐振動(フレットング)性能と耐衝撃性能の確保

電磁石により電流を開閉するコンタクトの開閉寿命は1,000万回である。開閉時に機器自体が振動や衝撃を発生するため、接触部の接触信頼性の確保は特に重要である。また、接触部が微振動を継続して受けると、接触部材同士の摺動(しゅうどう)によって接触抵抗が増大する。これは、フレットング現象として知られている。

そこで、電線が振動や衝撃の影響を受けても接触部を瞬断させず、また、接触部が動かず摺動を発生させない電線押え力を、コンタクトを含む製品群共通の仕様として決定した。

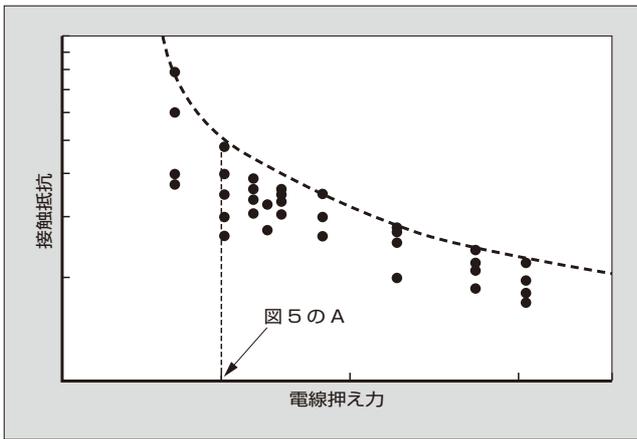


図7 電線押え力と接触抵抗の関係

4.3 電線の挿入性の追求

スプリング端子の普及を促進するためには、資格を持たない作業でも電線の差込み作業が可能で、かつ確実に inser できるようにする必要があります。

図8に、板ばね形状を最適化した結果と電線挿入力カーブを示す。最適な板ばねは、板ばね形状を作るための8寸法(図8(a)に示した要因効果図のA~Hの因子)をパラメータとした直交表の解析を行い、理想カーブに近づく因子の水準を選定し、組み合わせた形状とした。この板ばねに対して、電線を挿入するときのストロークと挿入力の関係(電線挿入力カーブ)は、電線を挿入すると挿入力が上昇し、板ばねと導体の間に電線が挟まると最大の挿入力となる。その後、図6に示したように、板ばねの先端の一部

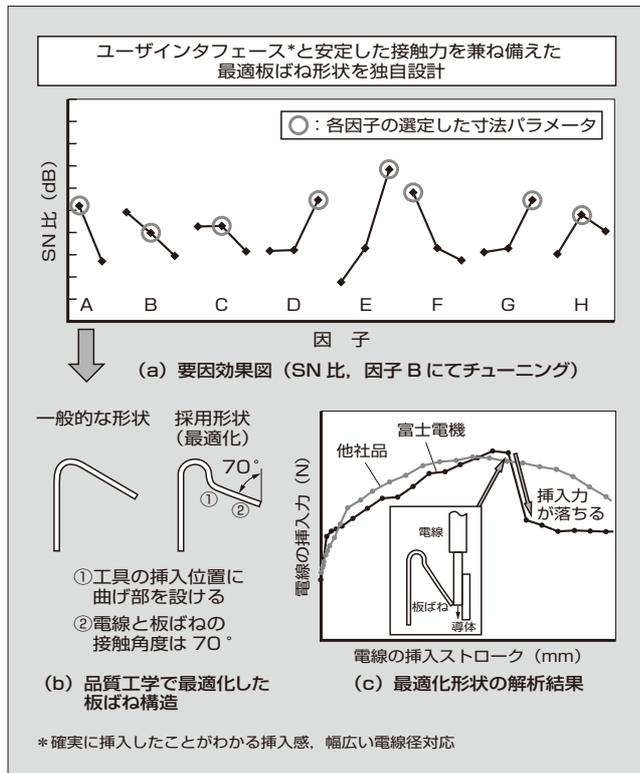


図8 板ばね形状の最適化

が電線に食い込むので、大きな摩擦力を発生しながら電線が導体に押し付けられる。最大の挿入力は、作業者が電線被覆部をしっかりと保持することができ、ストレスを感じない力に設定した。また、その後の電線挿入時において、中途半端な挿入を防止するために、荷重の変化を設定した。

4.4 過電流耐量の確保

保護機器でもあるブレーカは、短絡電流などの大きな電流を遮断する。接触部に大きな電流が流れると、接触の状態が不安定になって温度が局部的に高くなり、溶着するトラブルが発生する。遮断エネルギー、電流ピークなどの過電流のさまざまな条件を考慮しながら、スプリング端子と電線の接触部が溶着しないような電線押え力を決定した。

5 受配電盤における省工数機器

5.1 母線直結形プラグインブレーカ

受配電盤における省工数機器として、母線直結形プラグインブレーカが普及している(図9)。受配電用機器においては、主に動力回路用として大電流を通電する目的で使用されるため、遮断器の定格通電性能(温度上昇)や短絡電流に対する耐量が必要とされ、母線との接続部は、ばねで押された多点接触子による構造が広く用いられている(図10)。

ただし、より大きな電流を通電させるためには接触部の大型化や押圧するばね荷重の増加が必要である。接触信頼性と比例する形で母線への挿入荷重が大きくなり、大型製品では取付け作業が困難となる課題があった。富士電機ではこの課題に対して、G-TWIN母線プラグイン形ブレーカ「TWIN Plug(プラグ)シリーズ」の中~大型製品(400~630AF)の挿入力を低減させる改良を実施した。新たに採用した構造では、母線挿入前後の接触部の変位量を小さくし、母線との接触点の見直しを行うことで、従来品に比べて挿入力を約40%低減させた(図11)。これにより、高い信頼性を確保した上でユーザに対する利便性の向上を行った。

また、ブランクカバーの取付け方法について、図12に

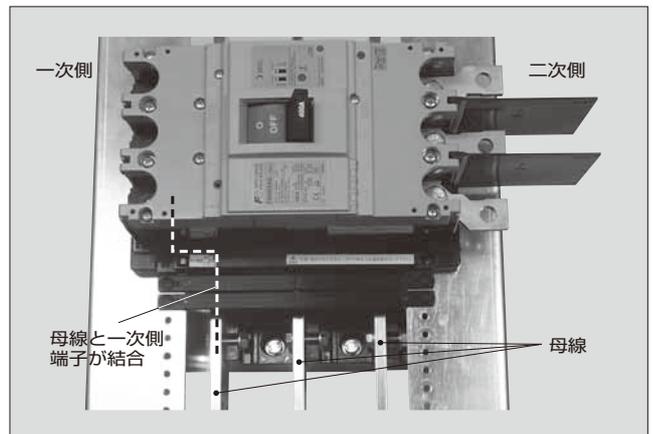


図9 母線直結形プラグインブレーカ

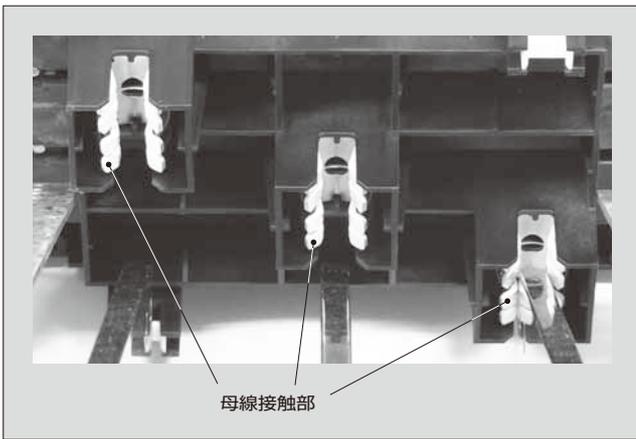


図10 母線接触部の構造

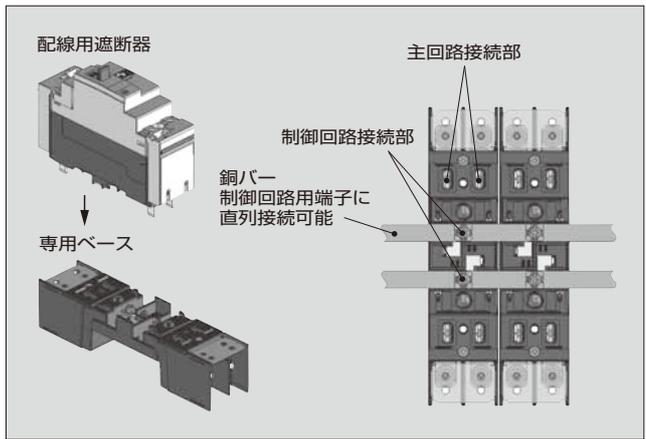


図13 ソケット形プラグインブレーカ

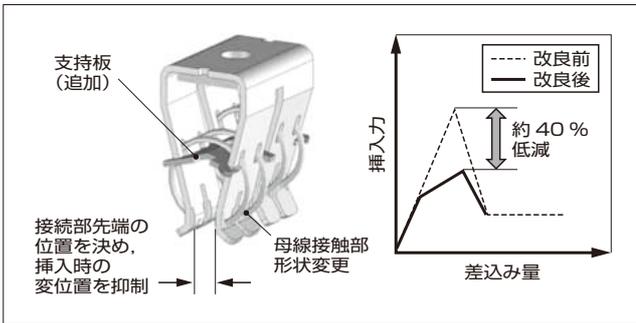


図11 挿入力の低減構造

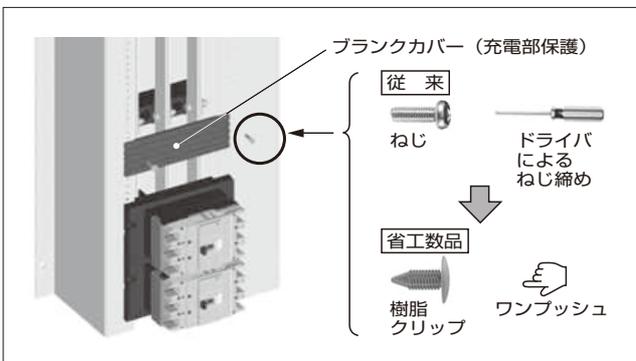


図12 ブランクカバーの取付け方法

示す改良を実施した。ブレーカの増設や変更によって発生する空きスペースや、ブレーカ間の隙間に設置するブランクカバーにおいて、従来のねじ締め方式から専用の樹脂部品を手で押し込む方式に変更した。ねじ締め工数を削減するだけでなく、充電部への金属部品の脱落防止といったメンテナンス作業における安全性の向上を実現した。

5.2 ソケット形プラグインブレーカ

近年、普及が著しいデータセンターの受配電設備において、稼動中にサーバの増設が必須であり、受配電設備には増設時の停電時間の最短化および工期削減が求められる。この要求に応えるため、富士電機ではサーバ分電盤用としてソケット形の2極プラグインブレーカのラインアップを拡充した(図13)。

従来の母線プラグインブレーカでは、一次側の配線作業が簡素化できるものの、負荷増設時にはブレーカの設置後に二次側の配線作業を必要とする。これに対し、開発したソケット形のプラグインブレーカでは、あらかじめ、最大接続回路分の専用のベースを盤内に取り付け、一次側および二次側の配線を行っておくことで、負荷増設時には遮断器を差し込むだけで接続が可能となるため、配線工数の大幅な削減となる。さらに、専用ベースに設けた制御用回路においても、銅バーを使用した直列接続が可能であり、配線工数の削減に貢献できる。

また、専用ベースに接続する機器もラインアップの拡充を図っている。上位遮断器との選択遮断協調が可能な小型・高限流タイプの一般ブレーカの他、漏電警報付配線用遮断器などをそろえることで、データセンターをはじめとした三相4線式配電における単相回路や、その他配電回路にも適用が可能である。

6 あとがき

盤製作の省工数に貢献するねじレス端子技術と製品群について述べた。省工数の機器が普及することは、人手不足が続く社会情勢への一助になると考える。今後も、お客さまの多様なニーズに応える技術開発や製品ラインアップの充実を図っていく所存である。

参考文献

- (1) 岡本泰道ほか. グローバルツインブレーカ「G-TWIN シリーズ」の新技术. 富士時報. 2010, vol.83, no.2, p.161-166.



町田 謹斎

制御リレー，端子台，操作表示機器等の製品設計・開発業務に従事。現在，富士電機機器制御株式会社開発本部開閉制御開発部担当課長。



浜田 佳伸

配線用遮断器，漏電遮断器の製品設計・開発業務に従事。現在，富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長。



スマート社会の発展に貢献する電子式漏電遮断器「EXシリーズ」

“EX Series” Electronic Earth Leakage Circuit Breaker that Contributes to Development of Smart Societies

佐藤 佑高 SATO, Yutaka

橋本 貴 HASHIMOTO, Takashi

細岡 洋平 HOSOOKA, Yohei

スマート社会の発展により、受配電設備は高い給電信頼性が求められており、そこで使われる保護機器には、不要動作の抑制や計測・通信機能による状態監視が必要となっている。これらの要求に応えるため、電子式漏電遮断器「EXシリーズ」を開発した。センサや導体の最適配置のための構造設計技術、ZCTによる漏電検出技術、耐ノイズ性を向上させた電子回路設計技術を適用している。配線用遮断器と同一外形寸法の電子式漏電遮断器とすることで、漏電モジュールを付加した場合と比較して、設置面積を30%削減し、配電盤の省スペース化に貢献した。

The development of smart societies requires power distribution facility to have high power supply reliability. Protective devices used in the facility are required to suppress unnecessary operation and indicate the conditions via measurement and communication functions. In order to meet these demands, we have developed the “EX Series” electronic earth leakage circuit breaker. It utilizes various technologies including structural design technology for optimum placement of sensors and conductors, leakage detection technology based on a zero-phase current transformer and electronic circuit design technology that improves noise immunity. This electronic earth leakage circuit breaker has the same external size as a molded-case circuit-breaker, reducing installation area by 30% when compared with setups that incorporate a leakage module. This can save the installation space of switchboards.

1 まえがき

近年、スマート社会が発展する中、病院やデータセンターなどに設置されている受配電設備は、高い給電信頼性が求められている。そのため、そこで使われている保護機器には、きめ細かい保護協調特性によって不要動作を抑制することや、過電流・漏電などの回路異常を検知し、計測・通信機能による状態監視を行うことが必要となっている。

このような要求に応える小型漏電・計測ユニットを搭載した電子式漏電遮断器「EXシリーズ」を開発し、発売した。

2 「EXシリーズ」の開発の背景と特徴

図1に、開発した電子式漏電遮断器EXシリーズと従来の「BXシリーズ」の比較を示す。

国内では配電盤の小型化の要求も多く、富士電機の配

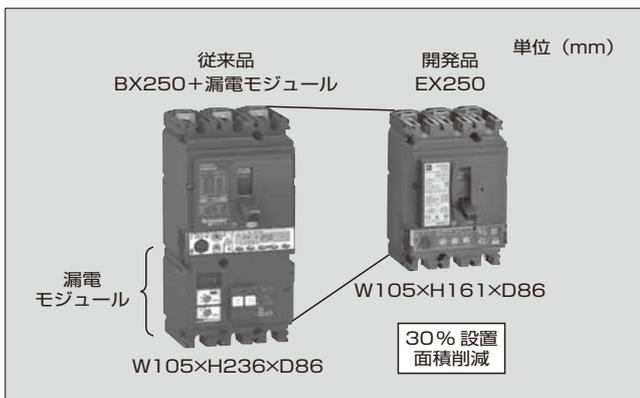


図1 BX250とEX250の比較

線用遮断器と漏電遮断器は同一外形寸法（TWIN）化が基本コンセプトとしてある。しかし、BXシリーズの漏電保護機能は、外付けの漏電モジュールで対応していたため、配線用遮断器に対して設置面積が大きくなってしまい、TWIN化ができていなかった。一方、海外では漏電モジュールを使用することが多く、同一外形は必須ではないが、漏電遮断器の小型化により設置スペースが削減できるというメリットがある。

そこで、配線用遮断器と同一外形寸法の電子式漏電遮断器とすることで、漏電モジュールを付加した場合と比較して、設置面積で30%の小型化を行い、配電盤の省スペース化に貢献した。

表1に、基本仕様とラインアップを示す。フレームの大きさは、250 AF、400 AF、630 AFがあり、3極品と4極品を備え、定格遮断容量は最大400 V/70 kAである。また、検出ユニットには汎用品と高機能品がある。特徴を次に示す。

- (1) 汎用品・高機能品に共通の特徴
 - (a) 定格電流・引外し電流の可調整機能
 - (b) 100～5,000 mAでの漏電感度電流の可調整

表1 基本仕様とラインアップ

項目	仕様		
フレームの大きさ (AF)	250	400	630
定格電流 (A) 可調整	115~250	160~400	250~570
極数	3, 4		
定格電圧 AC (V)	200~440		
定格遮断容量 (kA)	70/70		
I_{cu}/I_{cs}	AC400 V	70/70	
	AC230 V	100/100	
漏電感度電流 (mA)	30 (固定型), 100~5,000 (切替型)		

(c) 漏電警報付ブレーカのラインアップ

(2) 高機能品のみの特徴

- (a) 計測および通信機能, プレアラーム設定
- (b) MODBUS インタフェースの搭載

漏電感度電流は、最大値を従来の1,000 mA より大きい5,000 mA とし、用途に応じた漏電感度電流が設定できる。また、漏電警報付ブレーカは漏電を検知した際に引外しせず、警報のみ出力するため、不意に停電させたくない用途において最適である。また、高機能品の通信インタフェースとしてMODBUS^(注1)を搭載しているの、電流、電圧、電力量などのデータを通信することで、電力監視機器による漏電遮断器の状態監視を行うことができる。

3 製品の構造と特性

3.1 センサ・導体の最適配置

漏電遮断器の配線用遮断器との違いは、漏電検出を行うためのセンサや制御回路を備えていることである。この製品のセンサは、零相変流器（ZCT）を使用している。通常の変流器（CT）は相ごとに導体を貫通させ、相電流を検出する機能を持つが、ZCT には主回路の各相の導体を全て貫通させ、往路電流と帰路電流のベクトル合成和によって出力信号を出す。ZCT の原理を図2に示す。

回路が通常の健全な状態においては、ZCT を通る往路電流と帰路電流のベクトル合成和が0である。ZCT の鉄心コアに発生する磁束は互いに打ち消し合い、ZCT の二次コイルに出力は発生しない。一方、回路に異常が生じた場合は、往路電流と帰路電流のベクトル合成和が0でなく

なる。そのため、ZCT の鉄心コアに磁束が発生し、ZCT の二次コイルに出力が発生する。

図3にBX250の全体構造と検出ユニットを示す。開発コンセプトは、短絡電流を遮断する遮断ユニットは従来品のBX250を踏襲し、検出ユニットのみを開発対象とし、漏電を検出する機能を付加することとした。また、遮断ユニットは全体の70%の体積とし、過電流を検知して引外し動作を行う検出ユニットは30%という構成とした。

漏電検出を行うためにZCTを追加し、図2に示した原理に従って4極全ての導体をZCTに貫通させる必要がある。それらの構成を遮断器全体の30%の部分に納めるため、図4に示すように導体の基本構造やCTの構成を見直した。

従来の配線用遮断器は、図4の上側のように各相の導体を電流検出CTに通す構造であった。一方、開発した漏電遮断器は、配線用遮断器と同一スペースの中で各相の導体をZCTに通せるように、コンパクトにまとめる必要がある。

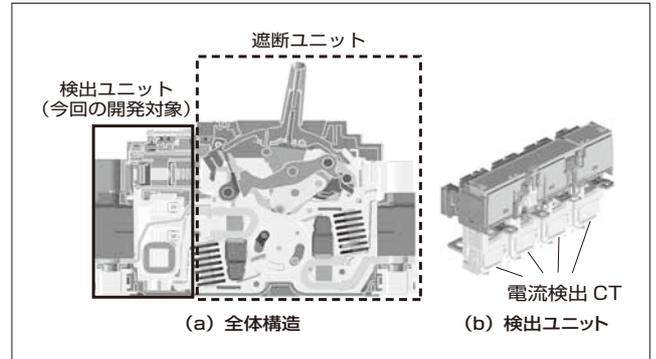


図3 BX250の全体構造と検出ユニット

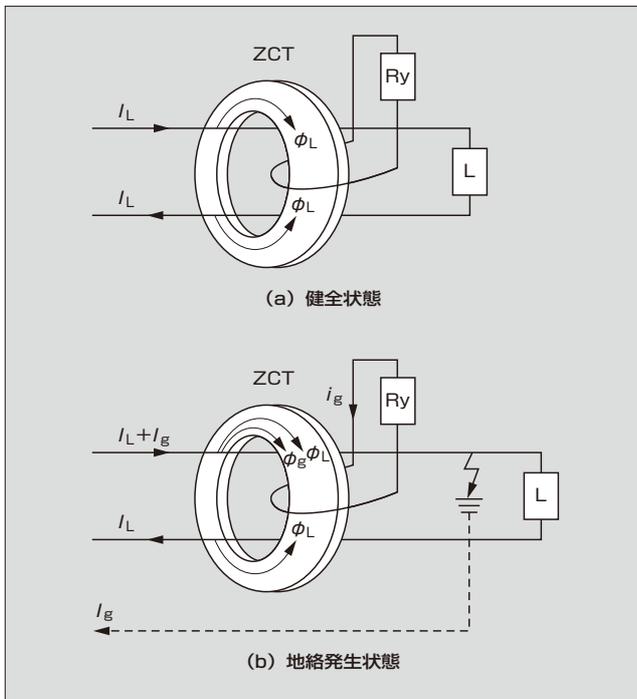


図2 ZCTの原理

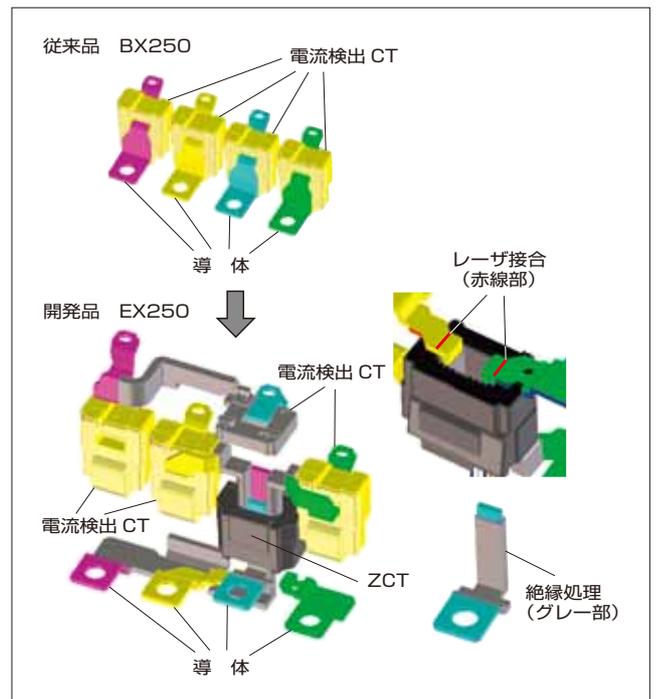


図4 BX250とEX250の導体構造の比較

〈注1〉 MODBUS : Schneider Automation, Inc. の商標または登録商標

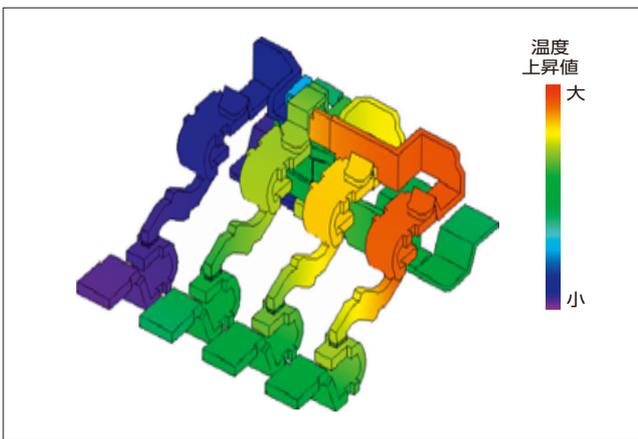


図5 温度解析の結果

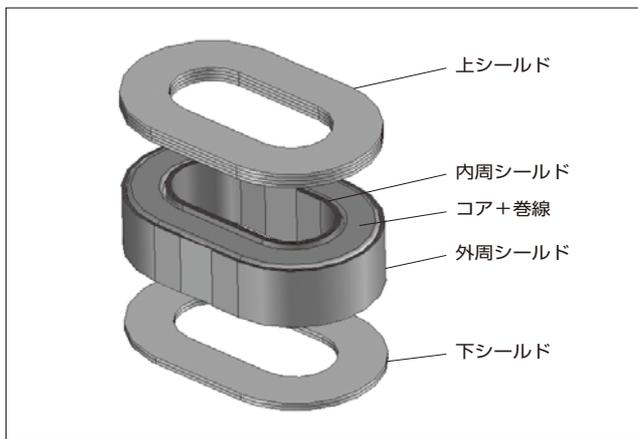


図7 ZCTの構成図

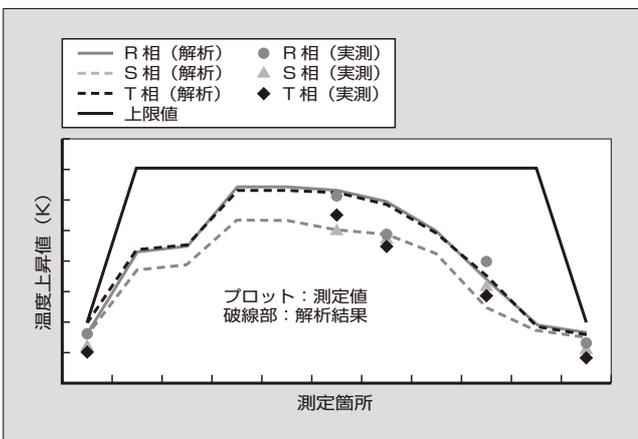


図6 温度上昇試験の結果

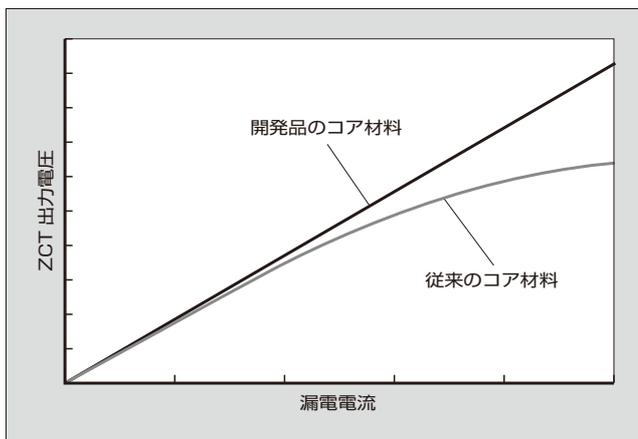


図8 ZCTの出力特性図

そこで、EX シリーズでは、複数のパーツからなる導体をZCTに通した後にレーザ溶接により導体同士を接合し、絶縁コーティング処理を行って複雑な導体間の絶縁を確保している。

また、通電時の導体の発熱による電子部品の劣化と端子などの電線と接続する箇所において、温度上昇を防ぐ必要があった。通電時の導体の温度上昇を抑えるため、温度解析により局所的に温度上昇が大きい箇所を明確にした上で導体断面積を最適化した。特に、導体の通電経路が長い相ではそのままでは温度上昇が大きくなるため、導体の断面積を大きく取り温度上昇を最小限に抑えた。対策品の温度解析の結果を図5に示す。

また、導体の接合部の溶接材として通常使われるろう材などは用いず、導体同士を直接接合することで接合部の抵抗値の上昇を最小限に抑えた。これらの施策により、図6に示すように通電時の温度上昇を目標の上限値以下に抑えることができる。

3.2 ZCTの構造と特性

(1) ZCTの基本構造

図7にZCTの構成を示す。コアと巻線部の内周と外周、上部と下部のそれぞれに配置しているシールドは、ZCT外部からの磁場ノイズを遮蔽する機能を持ち、後述する平

衡特性に大きく影響する。

(2) ZCTの漏電検出特性

2章で述べたように、EX シリーズの漏電検出の範囲の下限値は30 mAであり、従来品と同等である。上限値は5,000 mAであり、従来品の1,000 mAと比較して大きく、検出範囲を大幅に拡大している。コアは磁性材料を使用しているため、漏電電流が大きくなると磁気飽和により出力電圧も飽和傾向になる。そこで、コア材の飽和磁束密度を高くすることで、図8に示すように特性を改善した。

(3) ZCTの平衡特性

通常の交流電流の場合は、各相の電流ベクトル和が0の状態では、ZCTの出力は原理的には発生しない。しかしながら通電電流を数kAまで上げていくと、出力が発生して漏電遮断器が動作する。この平衡負荷時における漏電遮断器の不動作過電流限界値を平衡特性と呼ぶ。

出力が発生する原因は、ZCTのシールドが磁気飽和することにより、コアにノイズが流入するためと考えられる。ノイズの発生源は、図9に示すようにZCTを貫通している箇所以外の電流が発生させる磁界によるものである。

小型化のため、ZCTの近傍に設けた貫通導体の折返し形状部に流れる電流による磁界の影響が大きく起因する。他部品やスペースの制約があるため、ZCTから折返し部の導体を十分に離すことができないので、磁気シールドを

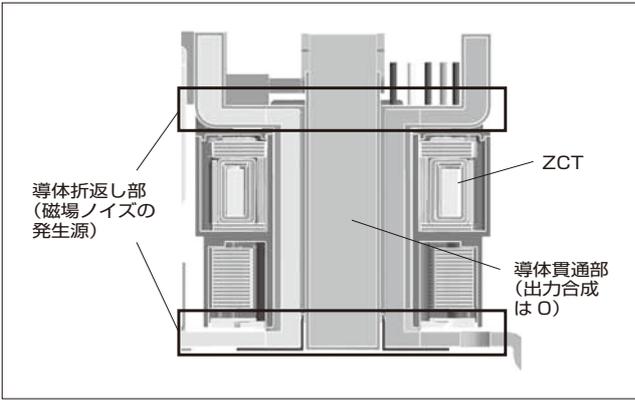


図9 ZCTと導体折返し部の構造図

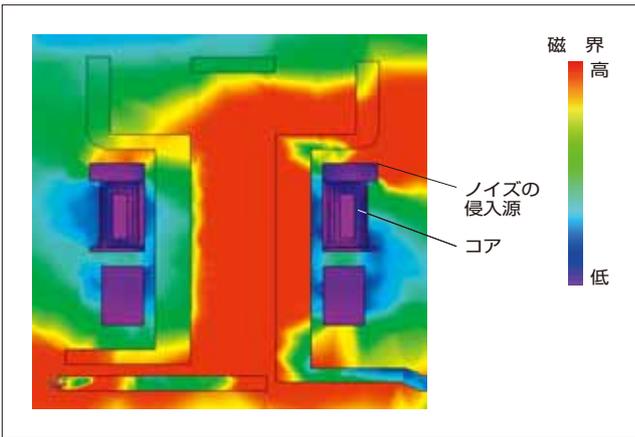


図10 ZCT平衡特性の解析結果

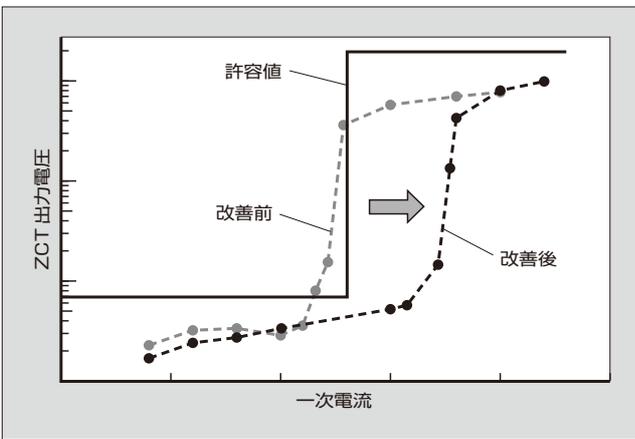


図11 ZCT平衡特性の改善

設けることで対処する。そこで、図10に示すように磁場解析を行い、磁場ノイズの侵入箇所の磁気シールドを厚くすることで平衡特性を改善した(図11)。

3.3 電子回路の構成と特性

(1) 要求機能と基板の構成

EXシリーズは、現行のBXシリーズに対してIEC規格の要求や漏電検出機能を追加するため、図12に示すように回路を追加している。

ZCT入力回路は、ZCTの出力電圧をデジタル変換し、

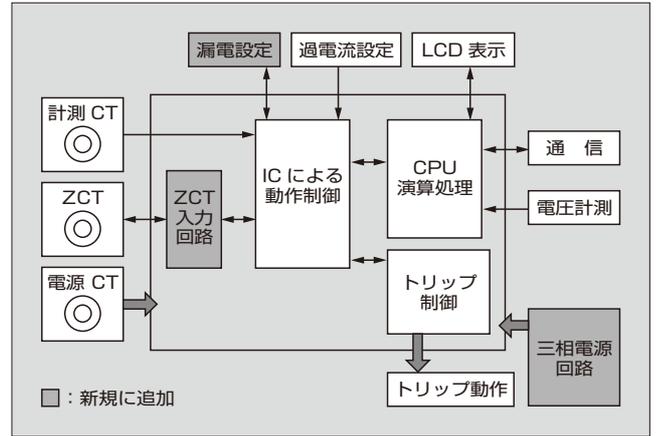


図12 EXシリーズの動作ブロック図

漏電動作電流の設定値に基づき、ICにより動作制御を行う。三相電源回路は、主回路から電子回路へ電源供給を行い、200～440Vまでの動作を保証しなければならないため、電源トランスを使用したスイッチング電源回路の追加も必要である。

EXシリーズは、上述の回路を従来品と同一スペース内に追加する必要があった。従来のデッドスペースを全て活用し、レイアウトの最適化や小型部品の採用により、追加機能も規定スペース内に収めた。

(2) 耐ノイズ性能の要求と対策

近年、省配線化やスマートフォンなどの普及で無線機器を使用したものが増えてきている。このため、電波ノイズによる不要動作を避けて、機器のロバスト性を向上させる必要がある。そこで、表2に示す一部項目(網掛け部分)は、IEC規格よりも厳しい基準を設けて製品仕様としている。

最初に、パターン設計が完了した時点で解析を行って、ノイズに対して最も弱いポイントを明確にして対策を行った。図13に耐ノイズ性の解析結果を示す。電波ノイズ印加時に周波数を変化させたときの電位差のピークを、コンター図で表したものである。

耐ノイズ性の弱いポイントがあることが分かったため、次に示す対策を行った。

(a) 基板プレーン構成を見直し、ベタパターンのGND

表2 耐ノイズに関する製品規格

イミュニティ試験内容	IEC規格	製品仕様
静電気放電	8kV: 気中放電 8kV: 接触放電	
放射無線周波電磁界	10V/m 80MHz~ 2GHz	20V/m 80MHz~ 3GHz
電氣的ファストランジェントバースト	電源ポート: 4kV 信号ポート: 2kV	
サージ	電源ポート 導電部対地間: 4kV 線間: 4kV 信号ポート: 2kV	
伝導妨害	10V 150kHz~ 80MHz	20V 150kHz~ 80MHz

■: IEC規格よりも厳しい基準

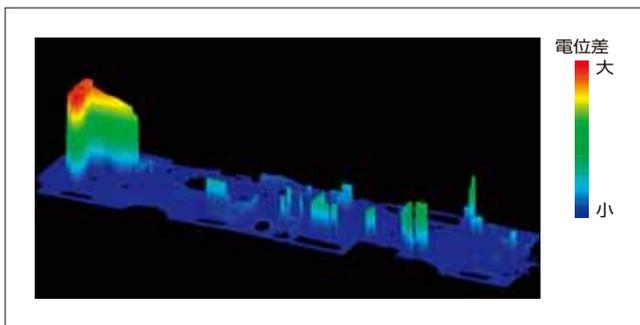


図 13 耐ノイズ性の解析結果

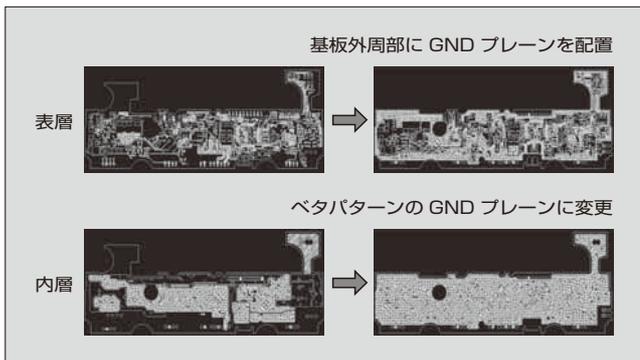


図 14 GND プレーン変更による対策

プレーン^{〔注2〕}を用意する。

- (b) 基板外周部より排出されているノイズを低減させるため、基板外周部に GND プレーンを配置し、他層の GND プレーンと^{〔注3〕} VIA にて結合する。
- (c) 放射電磁界耐性向上を目的とし、3 GHz 帯域に対応可能とするため、外周部の VIA 間隔を 5 mm 以下とする。

〔注2〕 GND プレーン：両面基板の片側、あるいは多層基板ボードの一つの層に連続した銅で作られた低インピーダンスの層のこと

〔注3〕 VIA：基板の層間の導通を目的にした穴のこと

する。

GND プレーン変更による対策のイメージを図 14 に示す。また、これら以外にもフィルタ回路の追加などの対策を加え、目標性能を達成した。

4 あとがき

本稿では、スマート社会の発展に貢献する電子式漏電遮断器「EX シリーズ」について述べた。

今後、IoT 化が進み、遮断器などの保護機器についてもスマート化が進んでいくものと予想される。今回適用した技術を生かし、さらなる開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 富士電機機器制御株式会社. オートブレーカ・漏電遮断器 技術資料 EH150f.



佐藤 佑高

低圧遮断器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長補佐。



橋本 貴

低圧遮断器の電子回路開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部主任。



細岡 洋平

低圧遮断器の電子回路開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部主任。



安全性・配線作業性が向上するサーキットプロテクタ「CP30F シリーズ」

“CP30F Series” Circuit Protector for Improving Safety and Wiring Workability

江村 武史 EMURA, Takeshi

サーキットプロテクタは、過電流保護機能とスイッチとしての機能を併せ持つ遮断器である。富士電機は、小型で、安全性と配線作業性が向上するサーキットプロテクタ「CP30F シリーズ」を開発した。端子ねじを緩めると座金と端子ねじが持ち上がり、ケース・カバーに保持されるねじアップ構造を採用した。また、端子ねじの外側をケース・カバーで覆い、作業者の指先が充電部に触れない IP20 構造を採用した。これにより、配線に必要な作業を従来の 6 工程から 2 工程に削減し、体積と専有面積はともに 20% 減を達成した。

A circuit protector is a circuit breaker that possesses both overcurrent protection and switch functions. Fuji Electric has developed the “CP30F Series” small circuit protector, which contributes to improving safety and wiring workability. It adopts a screw lift-up structure where its washer and terminal screw lift up when the terminal screw is loosened, and they are supported by its case and cover. It also utilizes an IP20 structure where the outside of the terminal screw is enclosed by the case and cover, ensuring that the fingertips of operators cannot touch the live part. This has made it possible to reduce the procedures required in wiring work from 6 steps to 2 steps, while also reducing the volume and footprint by 20%.

1 まえがき

サーキットプロテクタは、機器を保護するための過電流保護機能とスイッチとしての機能を併せ持ち、制御盤内の機器保護や小容量機器の電源スイッチとして使用されている。

富士電機は、制御回路用サーキットプロテクタとして、1993 年に「CP-F シリーズ」を発売し、好評を得てきた。しかし、近年における多様化と高度化のニーズを踏まえ、小型で、安全性と配線作業性が向上するサーキットプロテクタ「CP30F シリーズ」を開発し、発売した (図 1)。

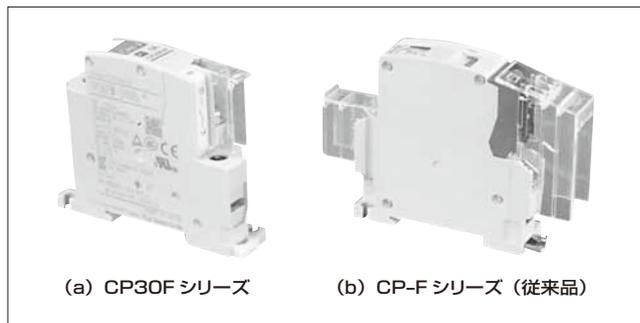


図 1 サーキットプロテクタ「CP30F シリーズ」

2 サーキットプロテクタの動作特性

図 2 に、サーキットプロテクタの動作特性を示す。サー

キットプロテクタが、過電流に対して負荷機器を保護するための基本的な条件は、次に示すとおりである。

(a) 過電流保護器の動作特性が保護対象の損傷特性の下側になること

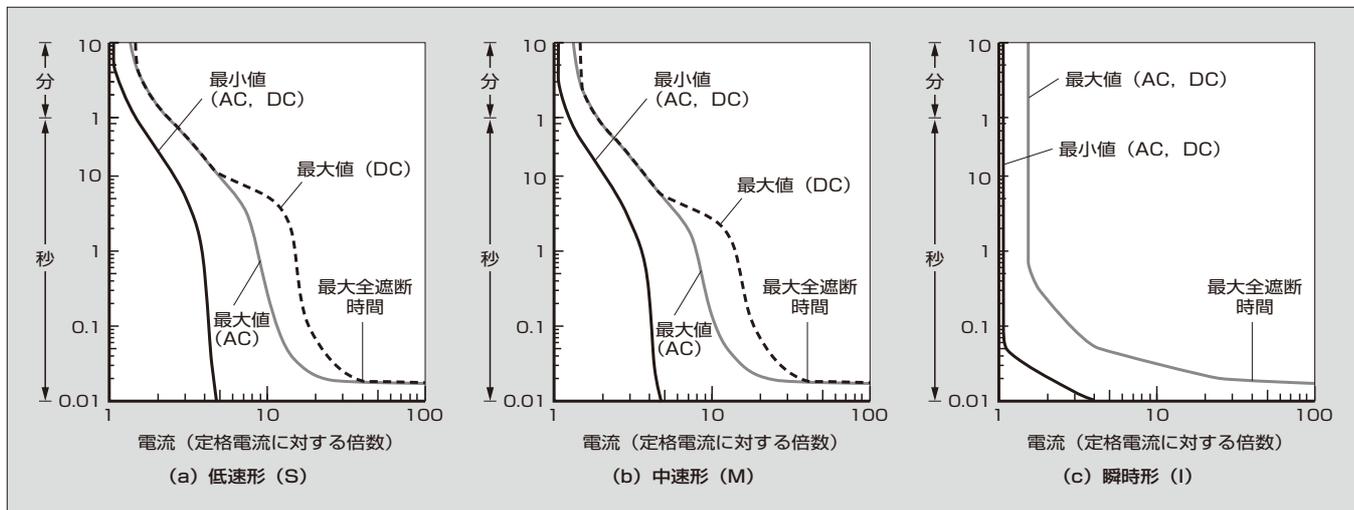


図 2 動作特性 (AC50/60 Hz, DC 両用)

- (b) 負荷機器の正常な運転において発生する突入電流で不必要な動作をしないこと
 - (c) 回路の短絡電流を上回る遮断性能を持っていること
- 負荷機器の特性に応じた保護ができるように、次に示す三つの動作特性を持つサーキットプロテクタを選定する。

(1) 低速形

負荷が誘導電動機やソレノイドコイルの場合には、全負荷電流の数倍の突入電流が流れるので、不必要な動作を避けるための低速形動作特性を選定する。

(2) 中速形

各種の制御回路に使用される電線の保護や、リレーなどのシーケンス制御回路、ヒータ回路、操作回路などの、大きな過電流が流れない負荷機器群の回路保護の場合には、中速形動作特性を選定する。

(3) 瞬時形

サイリスタ、ダイオードなどの半導体素子の過電流保護をする場合には、素子の過電流耐量が小さいことから瞬時形動作特性を選定する。

さらに、低速形と中速形には瞬時の突入電流による誤動作を防止する遅延装置を追加することができ、きめ細かい選定が可能である。

3 サーマキットプロテクタに対するニーズ

図3に示すように、サーキットプロテクタの用途は3種類に大きく分類され、それぞれのニーズは異なる。

- (a) 半導体製造装置、工作機械などの機械制御盤の過電流保護に用いられる制御回路用
- (b) コンピュータ周辺機器、通信機器などの電源の過電流保護に用いられるコンピュータ回路用
- (c) コピー機器、ポータブル発電機などの電源の過電流保護に用いられるOA・民生機器用

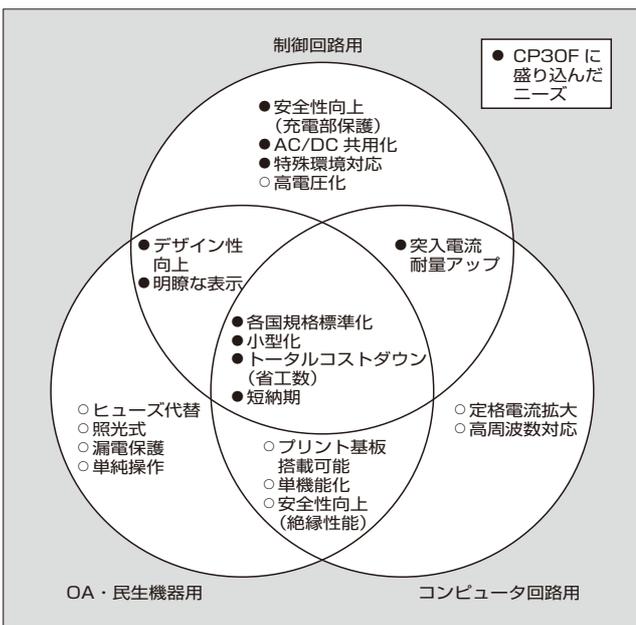


図3 サーマキットプロテクタの用途とニーズ

4 新型サーキットプロテクタ

4.1 開発の狙い

サーキットプロテクタに共通して求められている、各国規格の標準化、小型化、トータルコストダウン、短納期といったニーズのほかに、制御回路用サーキットプロテクタには、OA・民生機器用やコンピュータ回路用に求められるデザイン性、突入電流耐量の向上に加え、安全性の向上、AC/DC 共用化、特殊環境への対応が求められている。これらのニーズに応えるために、CP30Fシリーズを開発した。

4.2 仕様

表1に、CP30Fシリーズの主な仕様を示す。

4.3 特徴と構造

CP30Fシリーズの主な特徴と構造は次のとおりである。

(1) 端子部の安全性と配線作業性の向上

CP30Fシリーズでは、図4に示すように端子ねじを緩めると座金に配置したスプリングによって、座金と端子ね

表1 「CP30Fシリーズ」の主な仕様

項目	CP30Fシリーズ	CP-Fシリーズ (従来品)	
種数	1, 2, 3	1, 2, 3	
外形寸法	W17.5×H73×D66 (mm)	W17.5×H92.6×D65 (mm)	
定格使用電圧	AC250V DC65V	AC240V DC60V	
定格電流	0.1 ~ 30 A	0.1 ~ 30 A	
遮断容量	2.5 kA	2.5 kA	
動作特性	低速, 中速, 瞬時	低速, 中速, 瞬時	
遅延特性	8 ms 20倍不動作	8 ms 15倍不動作	
端子	主回路	25 A以上 M5 20 A以下 M4 ねじアップ	25 A以上 M5 20 A以下 M4 セルフアップ
	補助回路	M3.5 セルフアップ	M3.5 セルフアップ
取得規格	IEC, CCC, UL/CSA, KC, PSE (JIS)	IEC, CCC, UL/CSA, PSE (JIS)	

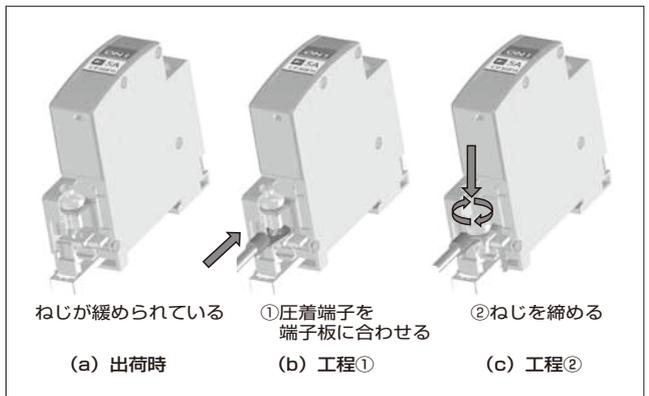


図4 ねじアップ構造

じと一緒に持ち上がるねじアップ構造を採用した。これにより、端子ねじを取り外すことなく丸形圧着端子の付いた電線を接続できるようになった。また、図5に示すように、端子ねじの外側をケース・カバーで覆い、端子カバーの機能を本体のケース・カバーに持たせ、作業者の指先が充電部に触れないIP20構造として、配線、増し締め時に端子カバーを外す必要のない構造にした。

これにより、体積と専有面積をともに20%減とした。さらに、表2に示すように従来品の6工程に及び配線作業がCP30Fシリーズでは2工程になり、作業性も向上している。

従来品では、補助回路端子が左右両方にあるために、主回路端子、補助回路端子の順に接続する必要があった。また、保守作業で主回路端子を増し締めする際は、付属品の配線が干渉していた。一方、CP30Fシリーズでは、図6に示すように補助回路端子の位置を右側にまとめたので、主回路端子と補助回路端子の配線や締め付けの順序を考慮する必要がない。このため、配線作業や主回路端子の増し締め作業などを容易に行うことができる。また、従来はオプションであった補助回路端子用の端子カバーを標準化し、安全性の向上も図っている。

(2) 遮断部構造の小型化

従来品は、図7に示すように、接点間の開極距離を長くしてアークの抵抗を大きくし、アークを消失させることにより、遮断性能を確保していた。CP30Fシリーズは、小型化を図りながらIEC規格やUL規格であるバックアップヒューズなしの3回遮断に対応するために、図8に示す

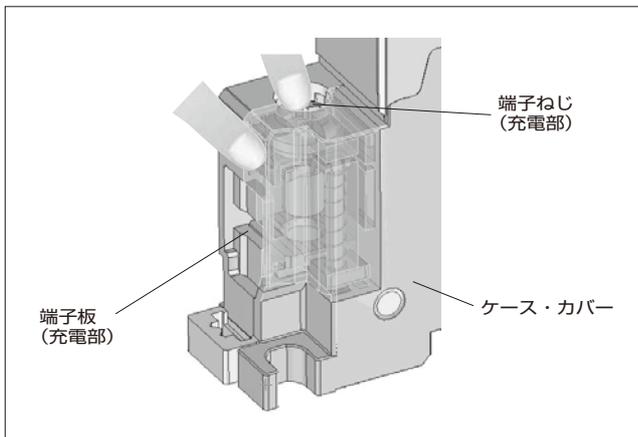


図5 IP20構造

表2 主回路端子の配線に必要な工程

作業内容	CP30Fシリーズ	CP-Fシリーズ(従来品)
ねじを緩める	—	①
ねじを外す	—	②
ねじを圧着端子と合わせる	—	③
圧着端子を端子板に合わせる	①	④
ねじを締める	②	⑤
端子カバーをつける	—	⑥

ように鉄製の端子板を鉄製のグリッドに平行に配置した。開極時に接点間に生じたアークはローレンツ力と磁力によって下方に引き寄せられ、接点から離れた位置にある固定接点台や端子板へ移動(転流)し、金属部品の冷却効果でアークの抵抗を上昇させてアークを消失させた。これにより、接点間の開極距離を小さくして遮断性能を確保した。

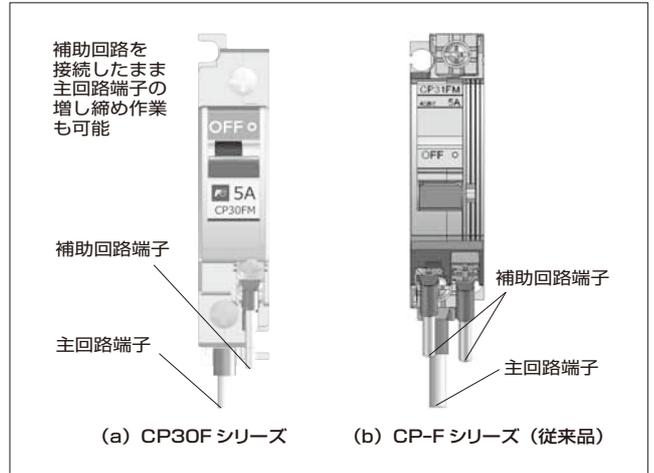


図6 主回路端子と補助回路端子の位置関係

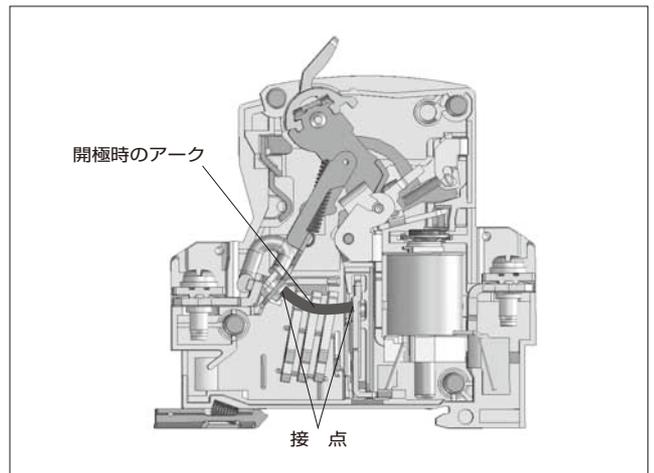


図7 「CP-Fシリーズ」の遮断部構造

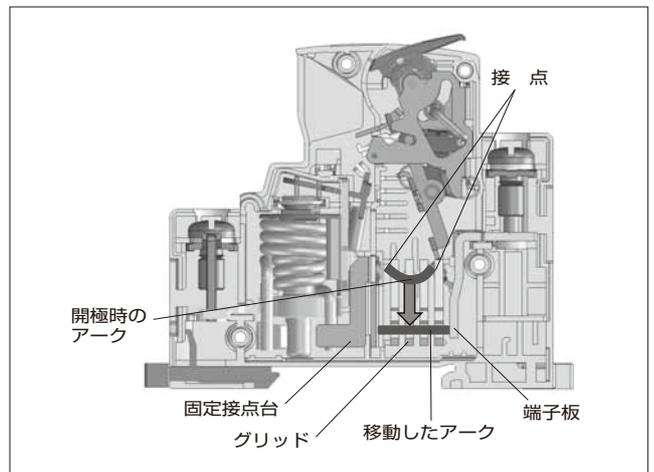


図8 「CP30Fシリーズ」の遮断部構造

(3) 遅延特性の向上

遅延特性とは、突入電流に対して耐量を向上させ、誤動作を防止する特性である。機械制御分野では、負荷にコンデンサを多く含む電子回路が搭載されているため、通常の動作特性を維持したまま、高い遅延特性を追加することが課題である。この課題を解決するため、図9に示すように、コイルに突入電流が流れてアーマチュアが接極子側へ回転しようとする時、アーマチュアと嵌合（かんごう）する慣性輪を回しながら動くようにし、アーマチュアが動くために必要な電磁力を大きくした。これにより、8msの突入電流に対する遅延特性は、従来の定格電流の15倍に対して20倍に向上した。

(4) 取外し性の工夫

CP30F シリーズを DIN レールから取り外す際は、スライダを引っ張るための穴形状を、端子ねじを緩める際のドライバ形状に合わせ、ユーザインタフェースに配慮している。

(5) デザインと機能の両立

親しみやすいデザインとするため、本体色にはライトグレーを、本体形状には曲面を採用した。ON、OFF、TRIP の表示は富士電機の配線用遮断器と同じデザインルールに基づいて設計し、図10に示すように TRIP 時に

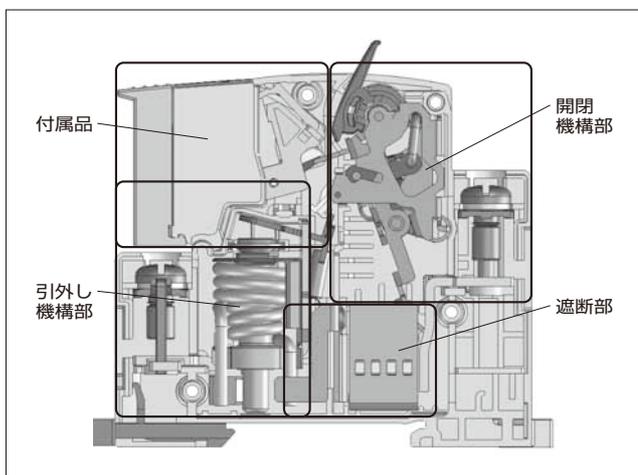


図11 「CP30F シリーズ」の構成部品

は、ハンドルを ON、OFF の中間位置に停止させ、ON、OFF 両方の銘板色を表示させることで識別を容易にした。また、表示部の面積や文字のサイズを拡大し、視認性を向上させた。さらに、製品だけでなく、梱包（こんぼう）箱のデザイン性も向上させている。

(6) グローバル化

国内と海外で同じ仕様のサーキットプロテクタで対応できるようにするため、主要な国内・海外規格に適合させ、IEC, CCC, UL/CSA, KC, PSE (JIS) の認証を標準で取得している。

4.4 ものづくり

CP30F シリーズは、標準仕様だけでも、13種類の定格電流、5種類の動作特性、3種類の極数の組合せからなり、全部で195形式にも及ぶ。さらに、4種類の付属品があり、付属品の有無を含めると約1,000形式からなる多品種であり、同時に短納期も求められている。この要求に応えるために、図11に示すように、構成部品である開閉機構部、遮断部、引外し機構部、付属品の全ての構造をユニット化している。それぞれの構成部品を本体組立工程で組み合わせることで、本体組立工程を短くし、短納期で多品種を提供できる体制を取っている。

5 あとがき

安全性・配線作業性が向上するサーキットプロテクタ「CP30F シリーズ」について述べた。サーキットプロテクタに対する要求は多様化かつ高度化している。今後とも、サーキットプロテクタの総合メーカーとしてさまざまなニーズに応えられる製品の充実と、適用技術の向上に努める所存である。

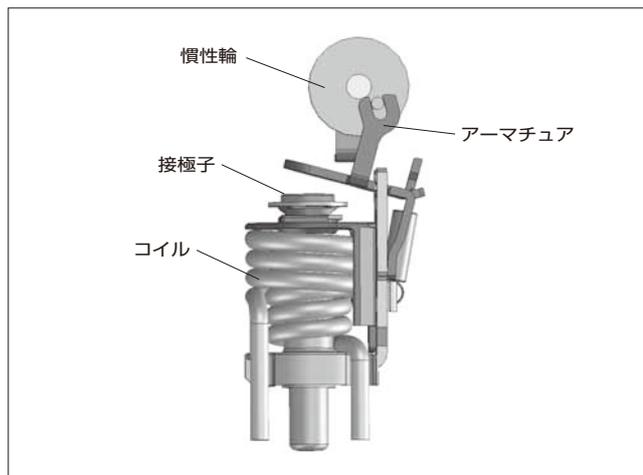


図9 遅延装置

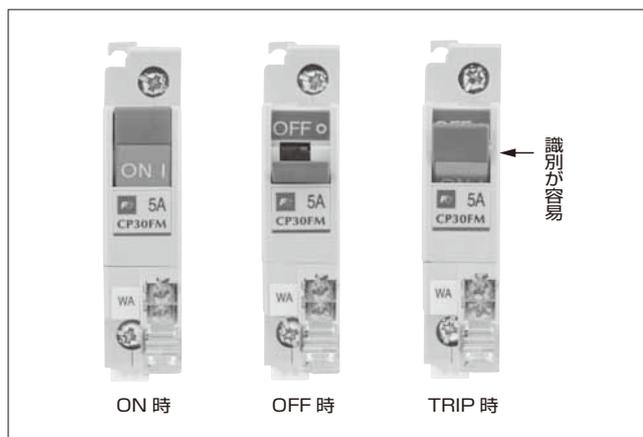


図10 ON・OFF・TRIP の表示

参考文献

- (1) 江村武史. サーキットプロテクタ「CP30Fシリーズ」. 富士電機技報. 2015, vol.88, no.4, p.303-304.



江村 武史

サーキットプロテクタおよびマニュアルモータスタータの開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長補佐。



中国・アジア向けコマンドスイッチ（φ22） 「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」

“AY22 Series” and “DY22 Series” Command Switches (φ22) for Chinese and Asian Markets

高野 芳弘 TAKANO, Yoshihiro

井上 辰志 INOUE, Tatsuyuki

山田 正士 YAMADA, Takashi

コマンドスイッチの取付け穴は、IEC規格で、φ16、φ22、φ30を標準としている。中国・アジアではφ22の取付け穴が多く用いられ、日本市場を上回る規模で拡大している。富士電機は、中国・アジア向けに、φ22コマンドスイッチ「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」を発売した。本シリーズは、高級感のある外観やフレキシブルな組合せが可能なモジュール構造を採用した。照光品では、トランスレス方式のLEDランプを開発し、小型化と低価格化を実現した。また、端子構造はIEC規格の保護構造（IP2X）に標準で対応することにより、安全性の向上を図った。

The diameter of the mounting holes of command switches comply with IEC standards: φ16, φ22 and φ30. Command switches have been more greatly expanding in China and Asia than in the Japanese market, and φ22 mounting holes are mainly used. Fuji Electric has offered “AY22 Series” and “DY22 Series” φ22 command switches for the Chinese and Asian markets. These series adopt a modular structure that enables a high-grade appearance and flexible combinations. We have also developed transformerless LED lamps for illuminated products that have small sizes with low prices. The standard terminal structure of those are conforms to the IEC protective structure standard (IP2X) to improve safety.

① まえがき

各種機械装置に使用される操作スイッチや表示灯の役割は、人と機械の間の情報コミュニケーションを迅速かつ正確に行うことである。富士電機は、各種操作スイッチや表示灯を「コマンドスイッチ」という製品名で販売し、好評を得ている。

コマンドスイッチの取付け穴は、IEC規格ではφ16、φ22、φ30を標準としており、海外、特に中国やアジアでは、φ22の取付け穴が多く用いられている。日本を上回る規模で市場が拡大し、今後も成長が見込まれている中国・アジア向けに開発したφ22コマンドスイッチ「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」の特徴と、小型化とコスト削減のために採用したトランスレス方式LEDランプの技術について述べる。

② 開発の背景

中国で用いられる操作スイッチは、外国メーカーによる高品質な輸入品と、中国に進出した企業が生産した製品（現地生産品）と、中国企業が生産した製品（中国メーカー品）との3つに分類できる。

中国から輸出する制御盤などには高い品質が要求されるため、従来と同様に標準品の「AR22シリーズ」「DR22シリーズ」を提供している。また、中国国内の市場の拡大とともに需要が増えている現地生産品には、既にφ16コマンドスイッチを展開している。さらに、φ22の需要に対応するため、中国・アジア向けとなる本シリーズを開発し、ラインアップを充実させた。

③ 「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」の特徴

図1に、AY22シリーズ、DY22シリーズの外観を示す。

3.1 外観と構造

本シリーズは、φ22の取付け穴寸法のほかに、ニーズが高い高級感のある外観やフレキシブルな組合せが可能なモジュール構造を採用し、安全性や小型化などにも対応した。

(1) 高級感のある外観

近年、中国からの輸出用の操作パネルは高いデザイン性が求められており、中国国内では高級感のある外観のニーズが高い。これに対応するため、パネル表面で目に触れるボタンの外周部をシルバーの金属調とした機種を追加した。この機種は、金属パネルと調和しやすいようにプラスチック部品はシルバーに塗装して、表面をつや消しの金属質感となるようにした（図2）。



図1 「AY22シリーズ」「DY22シリーズ」

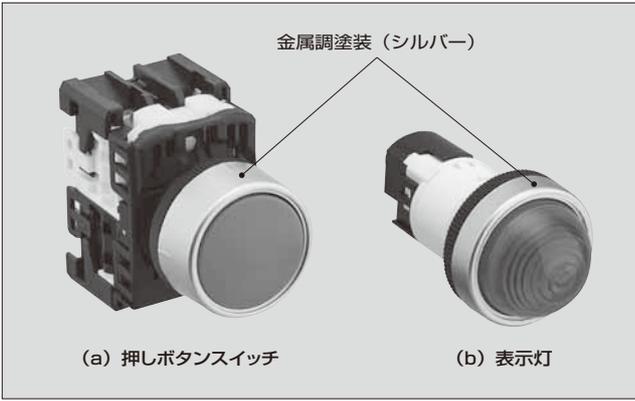


図2 金属調の外観

(2) モジュール構造

日本国内向けには、操作スイッチの基本構成は操作部と接点部、光源を組み合わせた状態で納品している。日本以外では、顧客が用途に合わせてフレキシブルに組み合わせることが多い。このため、構成部品をモジュール化した。

(3) 端子部の保護構造 (IP2X)

国内品では特殊品対応としている端子部の保護構造として、IP2X (指が入らない保護構造) を中国・アジア向けには標準対応とした。

(4) トランスレス方式の LED ランプ

製品の小型化とコスト削減のために、LED 照光式の機種はトランスレス方式の LED ランプを採用した。

3.2 主な仕様

本シリーズの仕様を表1に示す。

表1 「AY22 シリーズ」 「DY22 シリーズ」 の主な仕様

項目		性能
定格絶縁電圧		非照光品: AC/DC 600 V 照光品, 表示灯: AC/DC 250 V
定格通電電流 (開放熱電流)		10 A
耐久性	機械的	押しボタン (モメンタリ): 500万回 押しボタン (オルタネイト): 25万回 セレクト (手動復帰): 25万回 非常停止: 10万回
	電氣的	10万回 (AC220V 3A)
耐振動性	可変振動	10~500 Hz 複振幅0.7 mm
	固定振動	16.7 Hz 複振幅3.0 mm
耐衝撃性	誤動作	100 m/s ² , 150 m/s ² (非常停止)
	耐久	500 m/s ²
使用周囲温度	非照光品	-20 ~ +70 °C
	照光品	-20 ~ +50 °C
操作部保護構造		IP65 (防じん形, 防噴流形)
充電部保護構造		IP2X
接点構成		最大6接点 (非常停止は4接点まで)

4 トランスレス方式 LED ランプ

コマンドスイッチに搭載される LED ランプには、電源から直接供給する全電圧式 (ランプ使用電圧 ≤ 24 V) と、専用の変圧器を介して接続するトランス式 (入力電圧 > 100 V) があるが、トランス式は製品が大型化してしまう欠点があった。また、LED 素子は発光効率の改善が進み、近年は、小電流でも輝度を満足し発熱の少ない製品が多く出回っている。これを利用して、抵抗器を使って降圧しトランスレス方式とすることにより小型化した。また、LED ランプを現地で調達することにより、コスト削減を図った。

4.1 小型化

照光押しボタンスイッチや表示灯において、トランスレス方式の LED ランプを使用することにより、パネルの奥行寸法を照光押しボタンスイッチ (1 接点品) は 21 mm 短縮して 40 mm に、表示灯は 22.5 mm 短縮して 38.5 mm にした (図3)。

この押しボタンスイッチや表示灯を採用すると、別置き of トランスが不要になるとともに配線が削減でき、顧客の装置のコスト削減につながる。

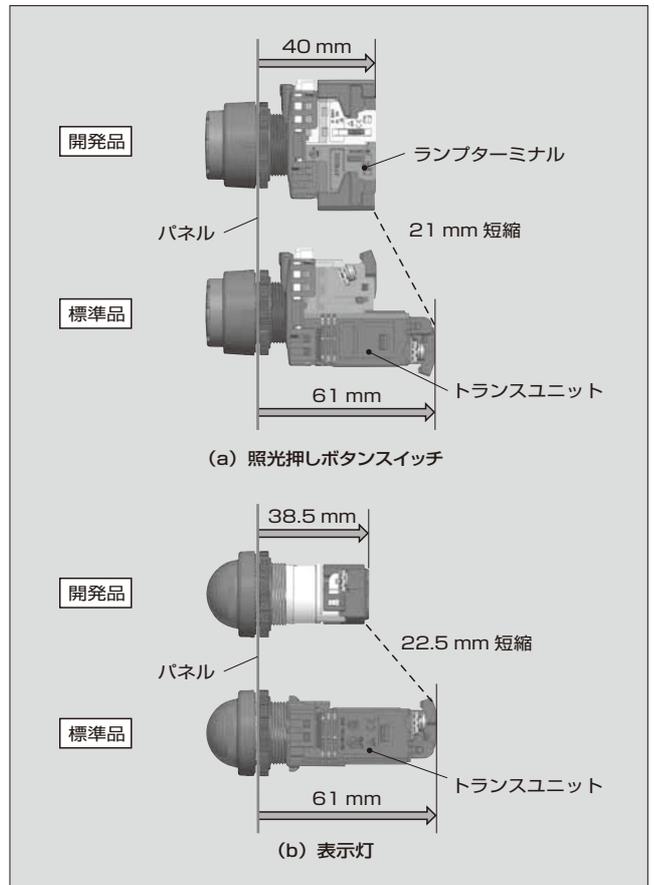


図3 小型化による奥行寸法

4.2 LED ランプ

中国での調達に当たり、メーカー十数社を調査し、LED ランプの輝度や耐久性を評価した。この結果、満足する性能を得るために、次の点を重視して自社で開発することにした。

(1) 照光面の均一な照光状態

ヒューマンマシンインタフェースである照光押しボタンスイッチや表示灯などのコマンドスイッチは、照光面の内部に記名した文字が明確に見えることが求められる。そのためには、照光面が均一な照度であることが重要である。近年、LED は高輝度化が著しく、単素子化が進んでいるため、照光状態はレンズ中央が極端に明るい点照光になりやすい。図 4 に LED ランプ光源の最適化の結果を示す。ある中国メーカーの生産品は LED 素子の角が狭く、照光面であるレンズ表面への光出射面積が小さい。開発品は指向角の広いものを選定した。さらに、LED ランプの光源から出射される光がレンズ全体に均一に当たるように、LED 素子を配置した。これにより、レンズ中央部と外周部の差が少ない均一な照光状態となった。図 5 に照光状態のコンター図と輝度分布図を示す。図 5 (b) の輝度分布図からも分かるように、中国メーカー品に対して、輝度が大幅に上がり、視認性が向上した。

(2) ノイズ対策

コマンドスイッチ LED ランプをユーザが交換できるようにしているため、人体の直接接触による静電気に耐える必要がある。また、制御盤あるいは操作盤内にて併設され

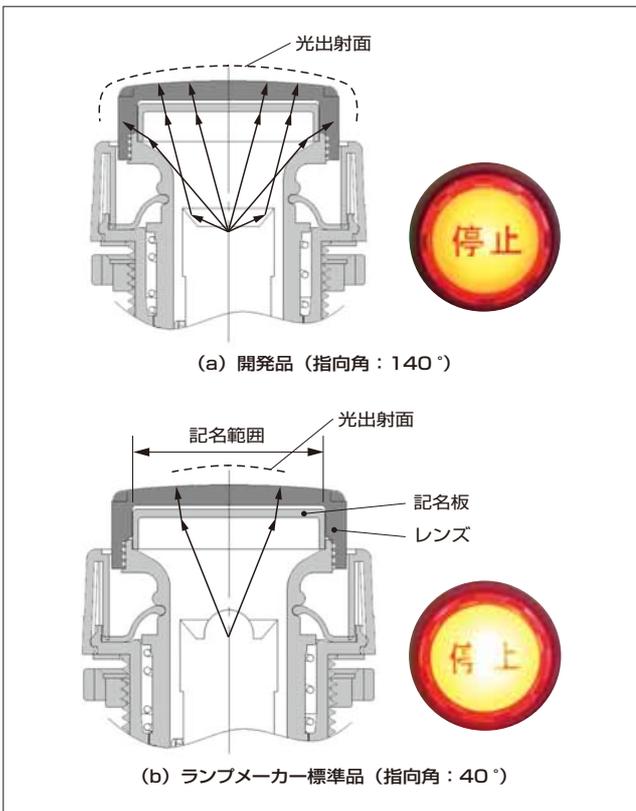


図 4 LED ランプ光源の最適化

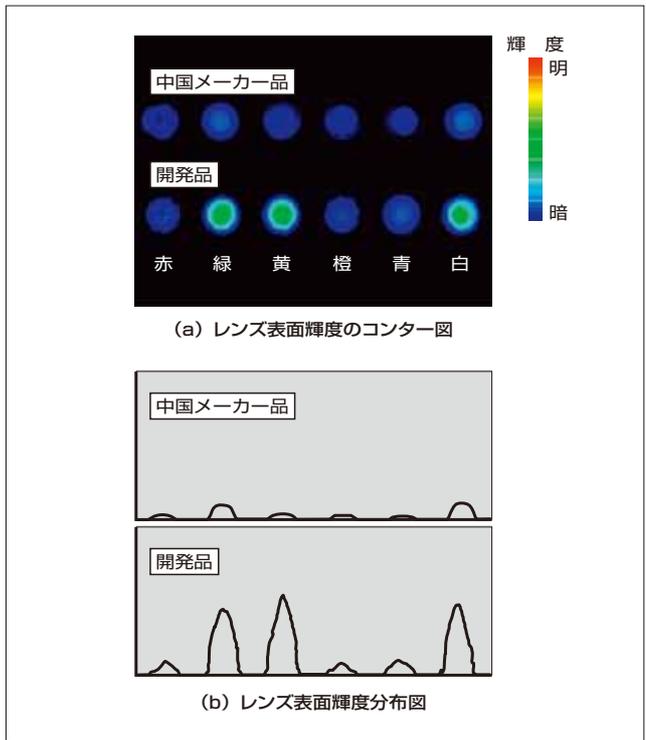


図 5 照光状態のコンター図と輝度分布図

ることが多いコンタクタやリレーの開閉ノイズに耐える必要もある。そこで、LED ランプの耐ノイズ性能を定格電圧の 20 倍とした。

そのため、降圧用の抵抗器は耐パルス性の高いものを使用する必要があり、ノイズ最大時のピーク電力を算出し、ピーク電力がワンパルスでの限界電力内となる抵抗器を現地生産品から選定した。

これにより、コンタクタ (AC200 V)、リレー (DC24 V) を並列に接続した回路において、20 万回の開閉試験を行っても LED ランプの点灯に問題がなく、部品を追加することなく性能を確保した。

(3) 暗点灯対策

LED 素子は高輝度化により、微小電流でも点灯しやすい。使用環境において、外部のサージ吸収回路などによる漏れ電流や、並走するケーブル間の浮遊静電容量による漏れ電流の影響で、ぼんやりと点灯してしまう暗点灯と呼んでいる現象への対策が必要である。本シリーズは盤内のケーブルの引き回しを考慮し、20m 程度のケーブルで発生する浮遊静電容量による漏れ電流を測定し、LED 素子と並列に抵抗器を追加することにより、回路インピーダンスを下げる工夫を行い、暗点灯対策を実施した。

(4) ランプ点灯寿命の短期間予測技術

LED ランプは約 30,000 時間 (約 3.4 年) の点灯寿命が必要である。従来は 3,000 時間時点までの光度推移から点灯寿命を過去の実績と照らし合わせて推定していたが、これまで蓄積した実績およびノウハウを用いて検討を行うことにより、短期間での予測を可能とした。

(a) 光度低下の主要因は LED 素子への熱的影響であることから、ランプ使用電圧の 1.0 倍と 1.5 倍の印加電

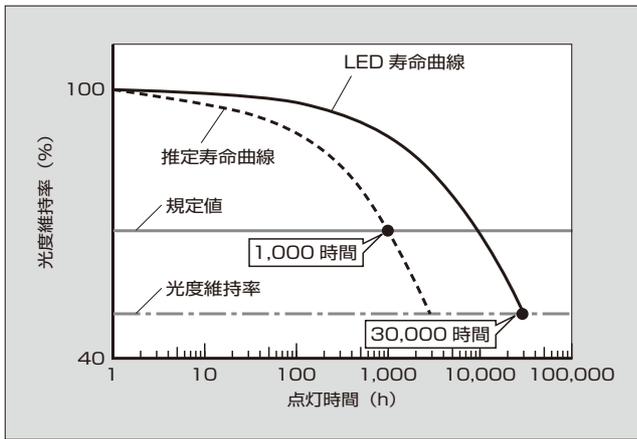


図6 LED 寿命曲線と推定寿命曲線

圧に応じた LED 表面温度の上昇値を抽出した。

(b) LED 表面温度の各上昇値を基に、劣化係数を算出し推定寿命曲線を作成した (図 6)。

(c) ランプ使用電圧の 1.5 倍を印加した加速試験で、1,000 時間経過時の光度維持率が規定値以上であれば、30,000 時間の寿命が保証できる。

これらの施策により、ユーザの使用環境に耐え、かつ、中国メーカー品よりも高い輝度の専用 LED ランプを低コスト、短期間で開発することができた。

5 端子の保護構造 (IP2X)

中国・アジアにおいて作業者は流動性が高く、作業の習熟度が低い傾向にある。そこで、間違っても危険行動 (不安全行動) を行ってしまっても、使用状態で電圧が印加される導体部分 (充電部) は安全性が確保できる必要がある。機械装置類に設置された電気装置の充電部は、国際規格である IEC 60204-1 (機械類の安全性 機械の電気装置) によって、直接接触に対する保護を IP2X 以上と定めている。本シリーズでは、IP2X に標準で対応し、未配線状態での直接接触保護にも対応した。

日本国内の標準品は、高い丸形圧着端子に対応するため、感電防止用の充電部保護カバーを開閉可能とし、端子ねじが取り外し可能で配線性の高い端子構造としている (図 7)。中国・アジアにおいては、丸形圧着端子の要求は少ない。そこで、先開形圧着端子対応とすることにより、奥行寸法を大きくする必要がなく、標準品と同等の奥行寸法で IP2X 形状を形成することができた。また、図 8 のように接点ユニットを 3 段積みにした場合、中国メーカー品では 1 段目と 2 段目の接点ユニットには配線工具 (ドライバ) が入らず、メンテナンス時の端子ねじの増し締めや配線変更時には接点ユニットを外す必要があった。開発品では、端子ねじを斜めに配置したことにより、接点ユニットを段積みにした場合でも配線が可能な形状とした。

端子ねじの斜め配置による配線性の向上と、直接接触保護、さらには標準品同等の外形寸法を満たすため、直接接触保護部の成形部品の形状は複雑かつ薄肉な構造となった。

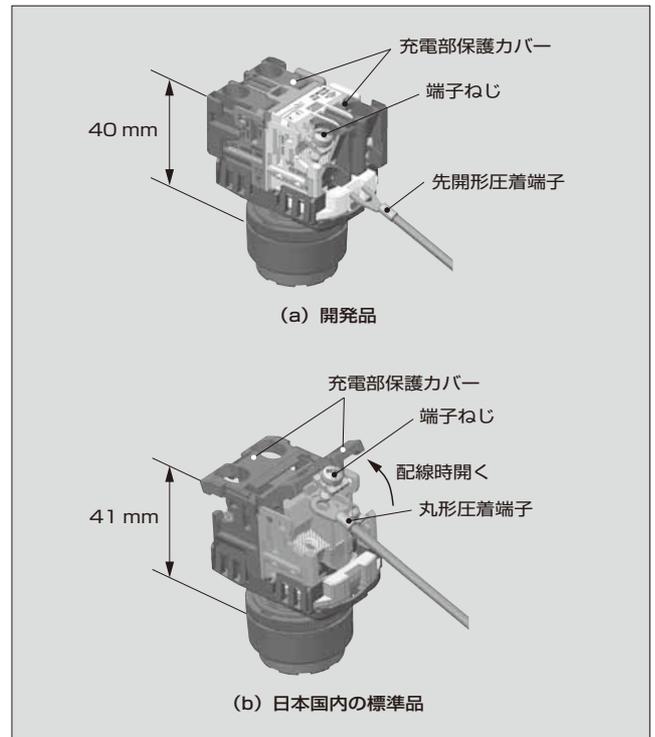


図7 端子部の保護構造

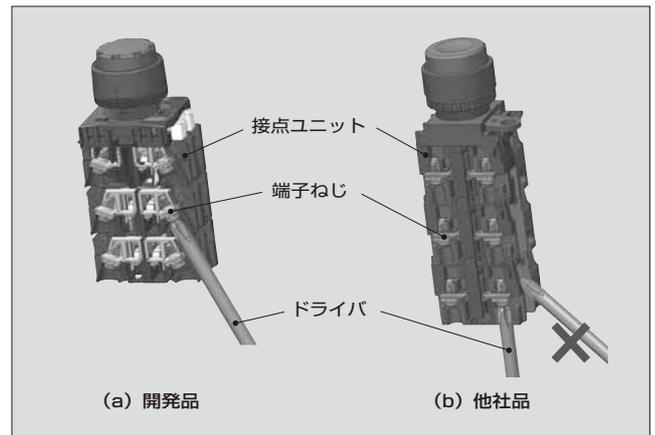


図8 接点ユニット段積み時 (3 段積み) の配線性 (断面図)

しかし、これまでに培った精密成形技術を応用し、ガスベントの追加やゲート位置を最適な配置にすることにより、IP2X に要求される試験指の押し荷重 (10 N) に耐える構造とした。

6 あとがき

中国・アジア向けコマンドスイッチ (φ22) 「AY22 シリーズ」「DY22 シリーズ」について述べた。

今後もヒューマンマシンインタフェース機器として、操作性・視認性などの感性への訴求性を追求し、新しいニーズに対応できる製品開発を進めていく所存である。



高野 芳弘

操作表示機器などの製品設計・開発業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部開閉制御開発部担当課長。



山田 正士

操作表示機器の製品開発評価業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部。



井上 辰志

操作表示機器の製品設計・開発業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部開閉制御開発部。



IEC 規格に準拠した東南アジア向け高圧真空遮断器 (12kV, 24kV)

IEC Standard Compliant Vacuum Circuit-Breaker (12 kV, 24 kV) for Southeast Asian Markets

岡崎 貴幸 OKAZAKI, Takayuki

菊地 征範 KIKUCHI, Masanori

徳永 圭秀 TOKUNAGA, Yoshihide

安定的な成長を続ける東南アジアに高圧真空遮断器 (VCB) を展開していく上で、IEC 規格への対応が必須である。今回新たに東南アジア向けに、IEC 規格に準拠した 12kV 定格と 24kV 定格の製品を拡充した。IEC 規格に準拠するため、作業者がスイッチギアの外部から VCB を出し入れできる機構を追加した。12kV VCB では、高電圧が印加される主回路部をカバーするために接地された金属製のシャッタを具備するなど、安全性と機能の向上を図りながら小型・軽量化を実現した。24kV VCB では、固体絶縁方式を採用することにより、従来品よりも容積比で約 40% の小型化を実現した。

As Southeast Asia continues to experience steady growth, the vacuum circuit-breakers (VCBs) for markets there are required to be compliant with IEC standards. We have recently expanded our line-up of products to include 12-kV and 24-kV IEC standard compliant products for Southeast Asian markets. As a feature supporting IEC standard compliance, the products come with a mechanism that enables operators to insert/draw out a VCB into/from the outside of the switchgear. The 12-kV VCB has achieved a compact and lightweight design while improving safety and functionality through features such as a grounded metal shutter that covers the main circuit to which high voltage is applied. The 24-kV VCB adopts a solid insulation design that has enabled miniaturization of about 40% in volume compared with previous products.

① まえがき

安定的な成長を続ける東南アジアに富士電機が高圧真空遮断器 (VCB: Vacuum Circuit-Breaker) を展開していく上で、各国の配電電圧に対応すること、および国際規格である IEC 62271 シリーズへの対応が必須となっている。

これまで国内市場を中心に展開してきた VCB 「HS シリーズ」に、今回新たに東南アジア向けに IEC 規格に準拠した、12kV 定格と 24kV 定格の VCB をラインアップに加えた (図 1)。

安全性を重視する IEC 規格に対応するため、メンテナンス時に、作業者がスイッチギアの外部から VCB の出し入れが可能な機構を追加するとともに、高電圧が印加される主回路充電部をカバーするために接地された金属製のシャッタを採用して、安全性の向上を図った。

また、24kV VCB では、固体絶縁方式を採用することにより、従来の気中絶縁方式よりも容積比で約 40% の小

型化を実現した。

② IEC 規格対応

IEC 62271 シリーズには、VCB 本体の規格である IEC 62271-100 と、VCB が収納されるスイッチギアの規格である IEC 62271-200 がある。当該 VCB は本体規格を満足したうえで、スイッチギアの規格に沿った構造が要求される。

IEC 62271-200 では、図 2 に示すように、万が一内部アーク事故が発生した場合でも、周辺にいる作業者にやけどや致命的なけがを負わせることがないようにするため、スイッチギアの外部に影響が出ないような構造を求めている。また、内部アーク事故が起こらないように高度なイン

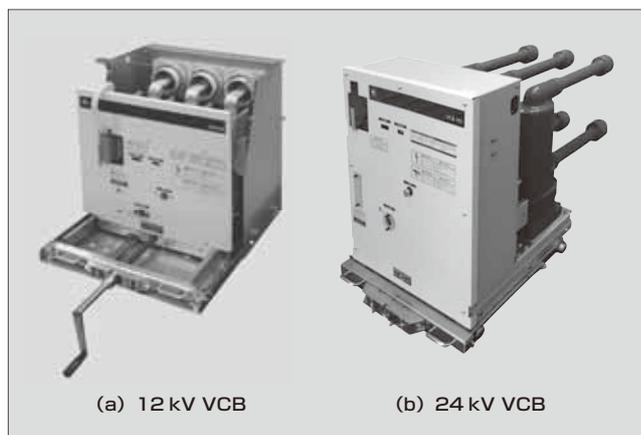


図 1 高圧真空遮断器の外観

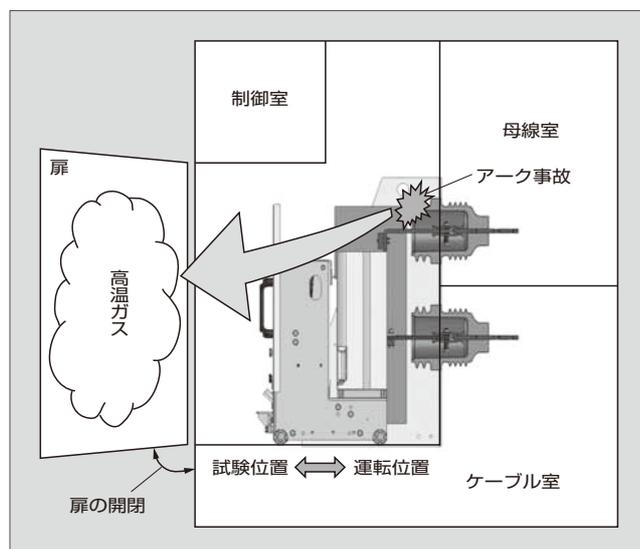


図 2 内部アーク事故 (スイッチギア側面模式図)

タロックも要求している。

そこで、操作性の観点から、スイッチギアの扉を閉じた状態で、操作ハンドルの回転操作により VCB を運転位置と試験位置間で出し入れする方式（盤面引出方式）を採用した（図 3）。

また、誤操作を防止するための主なインタロックは、次のとおりである（図 4）。

(1) スwitchギアの扉と VCB の出し入れ（図 4 ①）

スイッチギアの扉が開いた状態では出し入れ操作ができない。また、VCB が出し入れの途中位置および運転位置ではスイッチギアの扉を開くことができない。

(2) 補助回路プラグと VCB の出し入れ（図 4 ②）

プラグ非装着状態では VCB の出し入れ操作ができない。また、VCB の出し入れ操作の途中では補助回路プラグを外すことができない。

(3) VCB の開閉と VCB の出し入れ（図 4 ③）

VCB が閉状態では出し入れ操作ができない。また、VCB の出し入れ操作の途中では VCB の開閉操作ができない。

これらのインタロックは、操作ハンドルの回転操作により、出し入れ操作機構をロックできる構造になっている（図 5）。補助回路プラグや真空バルブの主接点の状態

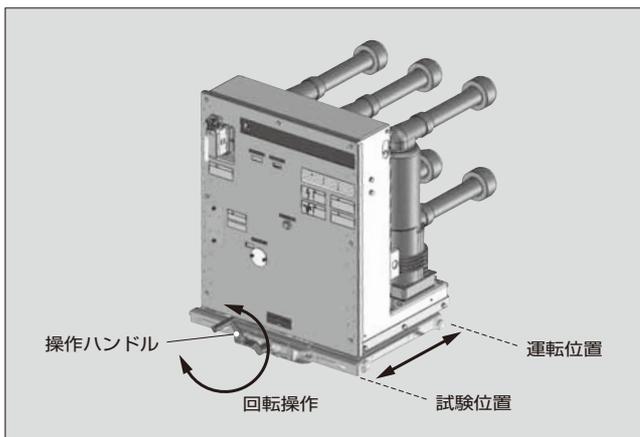


図 3 盤面引出方式 (24 kV VCB)

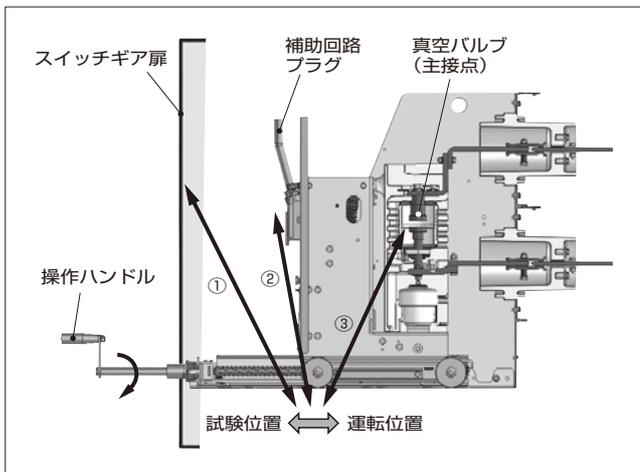


図 4 インタロック①②③の関係 (スイッチギア側面)

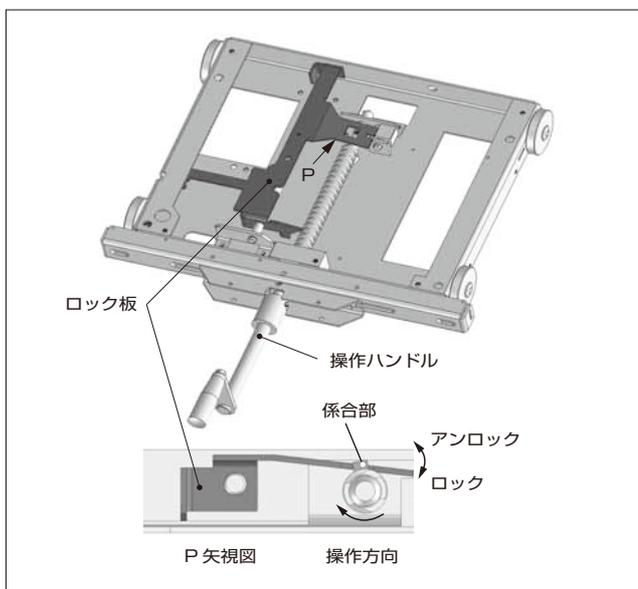


図 5 ロック機構 (台車部のみ)

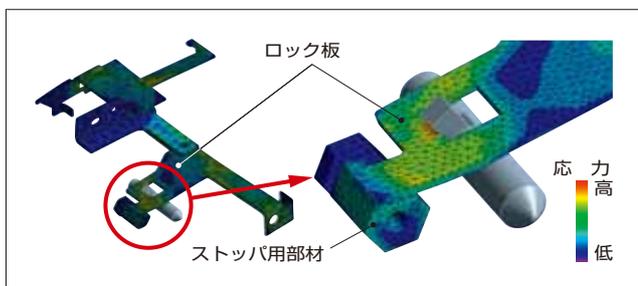


図 6 変形解析例

によってロック板が上下に動作し、ロック板が操作軸の係合部にかかることで回転動作が阻止される。

最新の IEC 規格では、ロック構造は、規定荷重 750N の操作荷重に耐えなければならない。これは、実際の出し入れ操作荷重約 150N の 5 倍となる過酷な条件である。配置スペースや部品の加工性を考慮して、ロック板単体ではなく、ロック機構全体として強度を確保する構成とし、既存部材にストッパ機能を追加した。図 6 に示すように変形解析を実施し、規定荷重に対して機構上問題となる変形がないことを確認した。

③ 12 kV VCB

3.1 仕様

今回開発した 12 kV VCB の基本仕様を表 1 に示す。また、盤面引出形の製品外観を図 7 に示す。

3.2 小型・軽量化

12 kV VCB は、絶縁構造を見直すことにより、インタロック機構部の追加による寸法の増大を抑え、インタロック機構部のない従来品と同等の寸法を達成することにより、業界最小および最軽量クラスを実現した。

表 1 12 kV VCB の基本仕様

項目		仕様
定格電圧		12 kV
定格電流		630 A, 1,250 A
定格遮断電流		25 kA
定格短時間耐電流 (3s)		25 kA
定格短絡投入電流 (波高値)		63 kA (50 Hz) 65 kA (60 Hz)
定格短時間商用周波耐電圧		28 kV
定格雷インパルス耐電圧		75 kV
定格周波数		50/60 Hz
据付け方式		○ 盤面引出形 ○ 引出形 ○ 固定形
質量	VCB	94 kg
	クレードル	67 kg (盤面引出形)
規格		IEC 62271-100 (2012)

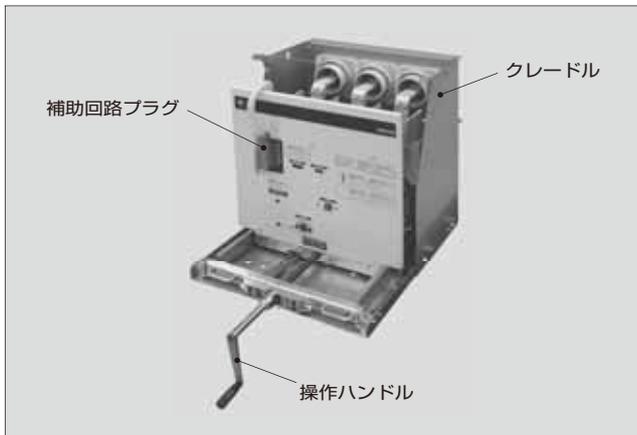


図 7 12 kV VCB の外観 (据付け方式: 盤面引出形)

3.3 主回路絶縁構造の変更

従来品は、6 kV VCB と絶縁フレームを共用していたために、主回路の相間絶縁距離を確保するための絶縁バリアを備え、主回路導体の相振分けを行っていた (図 8)。

開発品においては、構造の小型・軽量化を優先して絶縁

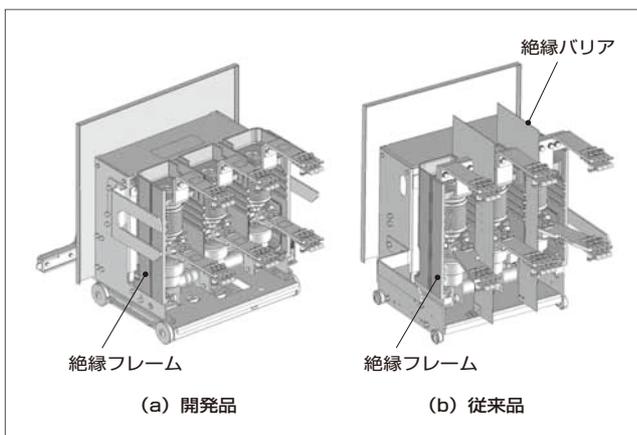


図 8 主回路構造

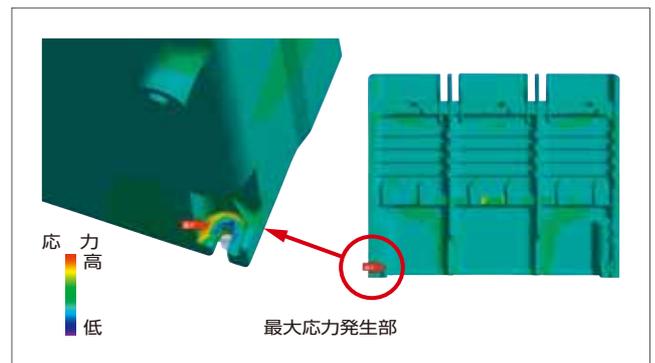


図 9 絶縁フレームの応力解析例 (投入状態模擬)

バリアを削除し、この 12 kV VCB のために専用の絶縁フレームとして、主回路導体の省銅化を図った。専用化した絶縁フレームの相間ピッチが、130 mm から 165 mm が増えるため、絶縁フレームの外形寸法が大きくなる。しかし、絶縁フレームの体積増加を抑えながら取付け構造を見直すことで、従来品に対して絶縁フレームにかかる応力を 16% 低減し、絶縁フレームを軽量化した。図 9 に、絶縁フレームの応力解析例を示す。

3.4 金属シャッタの採用

クレードル側の主回路導体は、メンテナンス時にその充電部が露出することがないシャッタ構造が要求されている。このシャッタ材質は、たとえ触れても電気的なショックを受けないよう、絶縁物ではなく接地された金属製のシャッタを採用し、安全性を高めた。金属製のシャッタと運転位

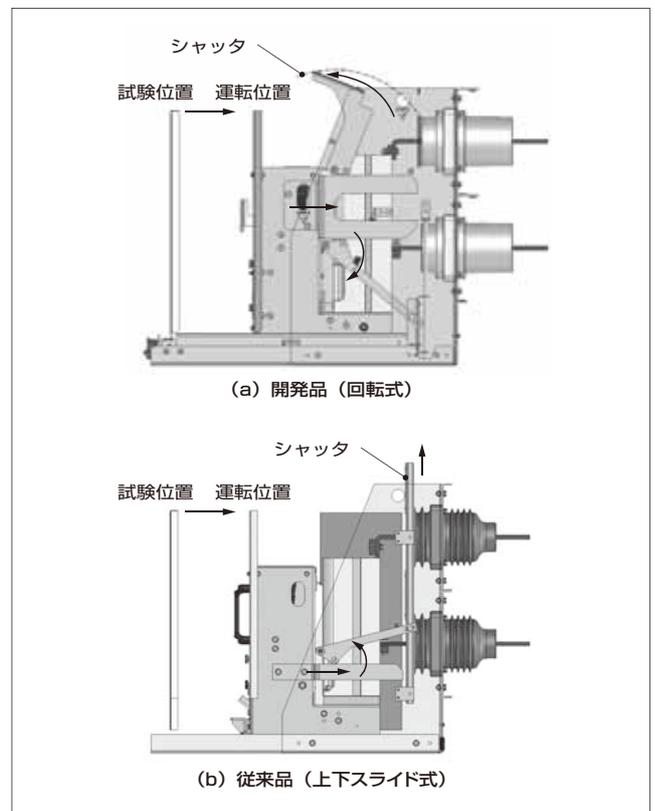


図 10 シャッタ機構

置に挿入された VCB の主回路充電部との絶縁距離は、絶縁物製のシャッタよりも大きくとる必要がある。図 10 に、シャッタ機構を示す。図 10 (b)に示すように、シャッタ板が上下にスライドする従来品と同じ構造を採用しようとする、絶縁距離を確保するためには、絶縁物製のシャッタ動作量の 1.4 倍の動作量が必要になる。これにより、シャッタが上方へ突出し、クレードルの高さは従来品よりも 45 mm 大きくなってしまふ。

そこで、図 10 (a)に示す開発品では、クレードルの高さを低くするために、シャッタの動作を回転方式とした。動作タイミングと操作荷重を考慮しながら、シャッタ板の突出量を抑えることにより、高さ寸法の低減を図り、従来品よりも 45 mm 小型化した。

4 24 kV VCB

4.1 仕様

表 2 に、今回開発した 24 kV VCB の基本仕様を示す。外観は、図 3 に示したとおりである。

表 2 24 kV VCB の基本仕様

項目	仕様
定格電圧	24 kV
定格電流	630 A, 1,250 A
定格遮断電流	25 kA
定格短時間耐電流 (3s)	25 kA
定格短絡投入電流 (波高値)	63 kA (50 Hz) 65 kA (60 Hz)
定格短時間商用周波耐電圧	50 kV
定格雷インパルス耐電圧	125 kV
定格周波数	50/60 Hz
据付け方式 (記号)	盤面引出形本体のみ (F)
質量 (本体)	170 kg
規格	IEC 62271-100 (2012)

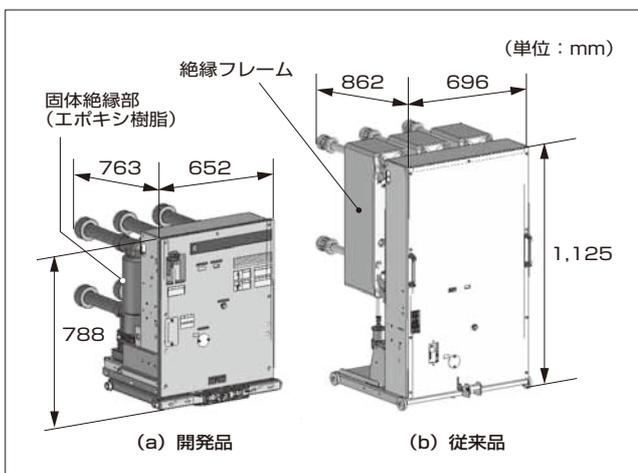


図 11 24 kV VCB の外形比較

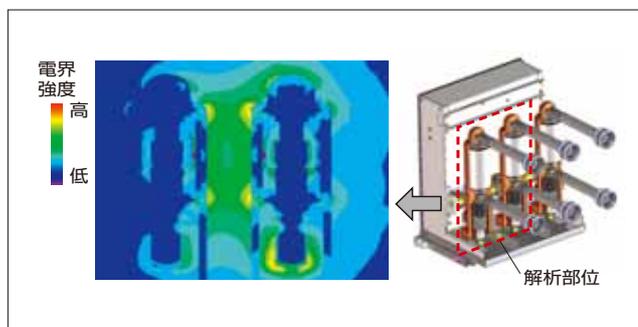


図 12 固体絶縁極柱部の電界解析の例 (相間印加)

4.2 固体絶縁方式の主回路

従来品で採用していた気中絶縁方式は、電圧クラスが大きくなるほど、確保しなければならない絶縁距離が大きくなるため、小型化を図る上では限界がある。

そこで 24 kV VCB では、固体絶縁方式を採用した。エポキシ樹脂は、気中の 10 倍以上の絶縁破壊電界強度を持つため、真空バルブを含めた主回路導体を真空加圧ゲル法により、エポキシ樹脂で覆うことにより、主回路極間寸法を大幅に低減した (図 11)。

ブッシングやがいしといったエポキシ成形品は、内部に電極を埋め込んであり、その界面の状態やポイドにより部分放電が発生し、絶縁劣化を引き起こす恐れがある。開発品では部分放電を抑制するために、三次元での電界解析を行い、最大電界強度を低減する構造とした。これを基に、設計した実機を用いて部分放電試験を行って、運転電圧に対する裕度を確認し、エポキシ成形品の品質が良好であることを確認した。図 12 に、固体絶縁極柱部の電界解析の例を示す。

4.3 連結構造の変更

VCB は、操作機構と主回路側を連結する上で、開閉特性を適正に維持するために調整機構を設ける必要がある。図 13 に、連結構造を示す。従来品は、図 13 (b)に示すように、真空バルブの直下に調整部を備えていたが、開発品は、図 13 (a)に示すように変換レバーを介して調整部を正面側に配置することにより、従来品に比べて高さ寸法を小さくした。

変換レバーの追加により、そのままでは可動部分の質量が増えるため操作エネルギーが増大してしまう。開閉動作特性と機械的強度への影響を考慮して、機構動解析と応力解析を連動して行い、応力低減と軽量化を図った。図 14 に開閉軸部の応力解析の例を示す。部品の軽量化により操作エネルギーを抑えることで、エネルギー源としてのばね類やモータなどの電装品の肥大化を抑制して、小型化に寄与するとともに、従来品と同等の電源容量での動作を実現した。

これらエポキシ注型による固体絶縁化および連結構造の見直しを行うことにより、従来品よりも容積比で約 40% の小型化を実現した。

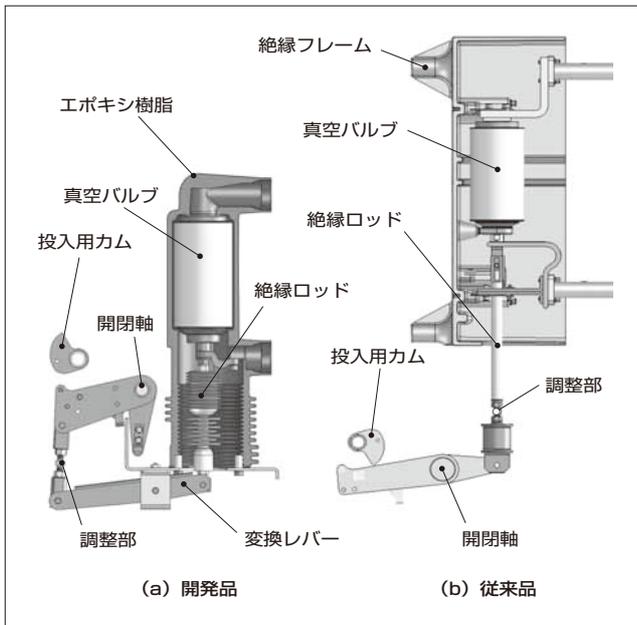


図 13 連結構造

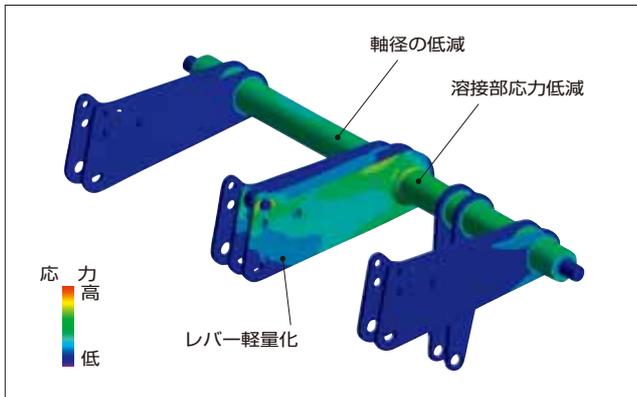


図 14 開閉軸部の応力解析例

5 あとがき

IEC 規格に準拠した東南アジア向け高圧真空遮断器 (12kV, 24kV) について述べた。

今後もグローバルな視点でお客さまのご要望に応え、信頼性・安全性をよりいっそう高めた製品開発を進めていく所存である。



岡崎 貴幸

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長。電気学会会員。



菊地 征範

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長補佐。電気学会会員。



徳永 圭秀

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社生産本部吹上工場製造部。

視認性・操作性が向上するデジタル形多機能リレー「F-MPC60G シリーズ」

“F-MPC60G Series” Multifunctional Digital Relay Providing High Visibility and Operability

工藤 英樹 KUDO, Hideki

富士電機は、顧客ニーズを取り込み、視認性・操作性が向上するデジタル形多機能リレー「F-MPC60G シリーズ」を開発した。従来品の二重化回路構成および事故診断機能による警報出力をそのまま引き継ぐとともに、製品外形、取付方法はもちろんのこと、配線方法にも互換性を確保している。ユーザインタフェースを強化したカラー LCD 搭載による操作表示機能、ならびに事故発生時の記録・解析手法を手助けする事故時波形記録機能を搭載している。また、海外でのスペックインを可能にするため IEC 規格にも準拠している。

Fuji Electric has incorporated customer needs into the development of the “F-MPC60G Series” multifunctional digital relay for providing high visibility and operability. In addition to including previous functionality such as a duplicated circuit configuration and alarm output based on an accident diagnosis function, the relay ensures compatibility with the existing product shapes, as well as mounting and wiring methods. It comes equipped with operation and display functions with color LCD operation display having enhanced user interface, as well as accident waveform recording function for supporting recording and analysis work at the time of accident occurrence. It is also compliant with IEC standards to meet with specifications of overseas customers.

① まえがき

受配電設備の保守や管理および電力異常の検知のため、各種保護継電器や指示計器などの受配電設備機器が用いられている。近年の生産設備の自動化、多機能化、24 時間稼働などにおいて、情報ネットワークを用いて受配電設備機器の動作状況や機器異常の状態を中央電気室などで集中監視を行い、万一の電力供給トラブルにも迅速に対応できるようにするには、通信機能や機器自身の故障検知機能が必要である。

また、受配電設備機器のグローバル市場に対応するためには、配電盤の標準化や IEC 規格への対応が必要である。

さらに、世界的な環境問題に対応するためエネルギー使用量の削減が求められている。きめ細かい使用量の記録、管理および省エネルギー効果の確認が有効な手段の一つである。そのため、受配電設備機器にもエネルギーの計測および計測データの出力などの多機能化が必要である。

このような要求に応えるため、富士電機はデジタル形多機能リレー「F-MPC60G シリーズ」を開発した（図 1）。



図 1 「F-MPC60G シリーズ」

② デジタル形多機能リレーの特徴

デジタル形多機能リレーは、高圧受電盤に必要な保護継電器、電気指示計器、表示器、操作スイッチ機能、4～20 mA 信号変換器、通信機能を 1 台に集約した“デジタル形多機能継電器・計器・コントローラ”である。

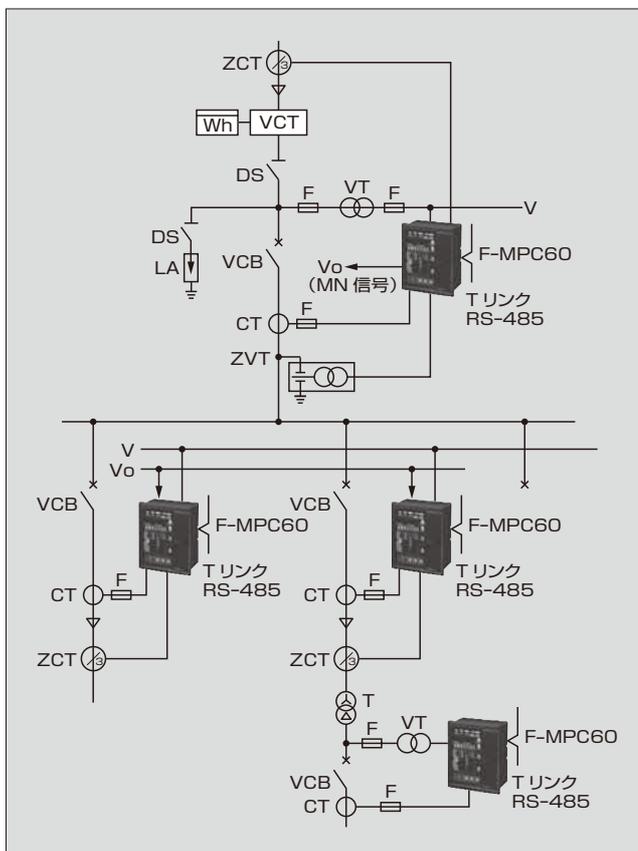


図 2 高圧受電設備の単線結線図

デジタル形多機能リレーを適用した場合における高圧受電設備の単線結線図を図2に示す。

通信インタフェースには、RS-485とTリンクから選択できる。RS-485搭載品では、独自プロトコルである「F-MPC Net」と汎用的なMODBUS^(注1)プロトコルのいずれかを選択できる。これらの通信インタフェースにより、デジタル形多機能リレーの計測データ、動作状況、履歴値などを中央電気室などで監視し、設備全体の稼動状況や電気エネルギーの使用量を容易に確認することができる。また、経年による動作（計測）精度の低下や変動が少ないこともデジタル式的特徴であり、日常点検や定期点検の省力化によりライフサイクルコストの低減を図ることができる。

3 顧客ニーズ調査

従来品の「F-MPC60B シリーズ」は、発売から約15年が経過しており、モデルチェンジに際して顧客ニーズを把握するためにヒアリング調査を実施した。次に、顧客の要望事項のうち重要なものを示す。

(1) 互換性の維持

従来品との互換性（取付、接続）の維持は、更新需要のための最優先事項である。

(2) 表示の見やすさ・分かりやすさ

従来品に対する改善事項である。従来品は7桁の7セグメントLEDによる表示であるため、取扱説明書と対比しながらの作業が必要であり、時間がかかる、分かりづらいなどの指摘がある。

(3) 保護動作時の事故波形記録

保護継電器が動作したときの原因究明や要因分析には、事故波形記録が必要となる。海外では必須機能となっており、海外の他社品は保有している。

(4) IEC規格対応

海外でのスペックインには、IEC規格に準拠しているこ

とが求められる。

調査した顧客ニーズに対する開発コンセプトを表1に示す。従来品の仕様に要望事項を追加し、開発仕様とした。

4 「F-MPC60G シリーズ」の特徴

4.1 回路の基本構成

保護継電器は、系統事故が発生したとき確実に動作する必要があり、また、故障時に不要動作が起こってはならない。電力用規格 B-402 “デジタル形保護リレーおよび保護リレー装置”⁽²⁾では、一個の部品不良あるいは単純な人為ミスで不要動作に至らないように、メインリレーとフェールセーフリレーとの2台で構成し、両者の動作(AND)をもって引外し指令を出すよう求めている。

F-MPC60G シリーズは、この基準に準拠するため1台の中に電流や電圧などの入力回路およびCPU回路を二重構成とし、1台で2台による動作と同等の機能を実現した。また、それぞれのCPUを相互に監視し、動作異常時には製品内部のトリップリレー出力（引外し指令）をロックすることにより、この電力用規格が求めているメインリレーとフェールセーフリレーによる不要動作の防止に相当するものとしている。

図3に、F-MPC60G シリーズの二重化回路構成を示す。メインリレーとフェールセーフリレーの双方のCPUで保護動作を検出すると、トリップリレー励磁コイルの上下に配置している最終段出力スイッチがONになり、コイルが励磁されてトリップリレー出力をする構成としている。

仮に、メインリレー回路部の部品に故障が発生して保護を誤検出した場合、フェールセーフリレー回路部側が健全であれば、メインリレー回路部の保護検出は誤検出であるとみなし、不要動作が起こらないように自らの装置故障を出力し、トリップリレー出力をロックするように動作する。また、双方のCPUでの動作監視や内部回路異常などの自己診断機能も搭載し、信頼性を高めている。

表1 顧客ニーズに対する開発コンセプト

顧客ニーズ	開発コンセプト
(1) 互換性の維持	従来品の機能・特徴の踏襲 ○外形サイズ、配線用端子台（着脱式）、取付方法を同一とし配電盤の追加変更不要 ○通信機能（コマンド）を完全互換、上位機器のプログラム変更不要
(2) 表示の見やすさ・分かりやすさ	視認性と操作性が向上するカラーLCDの採用 ○文字表記による直感的操作 ○表示する情報量（画面サイズ）の拡大、操作スイッチの十字配置と指令操作回数の半減
(3) 保護動作時の事故波形記録	系統事故時の波形記録機能の搭載 ○LCD画面で簡易、事故波形表示 ○PC接続による事故波形記録データのダウンロード
(4) IEC規格対応	IEC 60255シリーズ（継電器規格）準拠

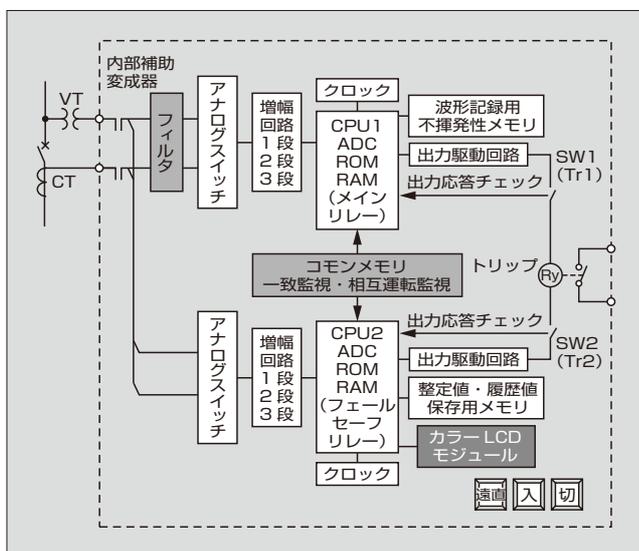


図3 「F-MPC60G シリーズ」の二重化回路構成

〈注1〉 MODBUS : Schneider Automation, Inc. の商標または登録商標

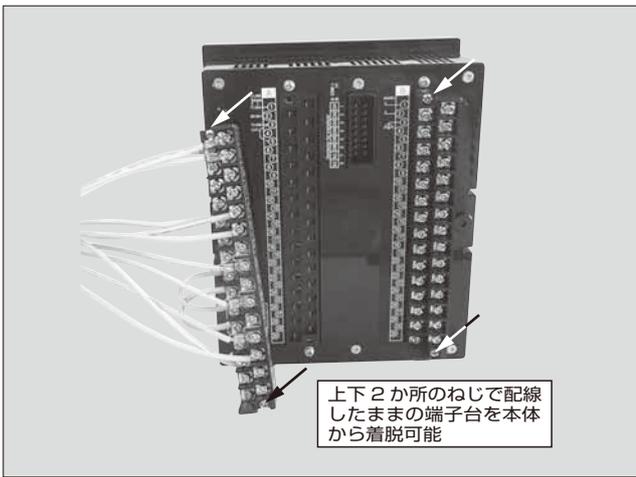


図4 背面の着脱式端子台

4.2 従来品との互換性

F-MPC60G シリーズでは、製品外形、取付方法はもちろんのこと、配線方法にも互換性を確保している。従来品は、着脱式の端子台を使用しており、配線したままの状態ですぐ製品から端子台を取り外すことが可能となっている。図4に示すように、従来品の機器から配線したままの端子台を取り外し、そのまま更新後の機器に装着できる。配線し直す手間が省けるだけでなく、配線の間違いも防止できる。

4.3 表示部における視認性・操作性の向上

従来品では、計測表示や整定表示のために製品正面に7桁の7セグメントLEDを使用しており、一度に1項目だけの表示であった。そのため、約50種類の計測項目を全て確認するためには、ボタン操作が50回必要であった。特に約100種類ある整定項目は、2桁の整定コードで表示し、整定内容は、5桁のデータで表現するため、取扱説明書に記載した対照表で確認する必要があった。

F-MPC60G シリーズでは、視認性と操作性を向上させるため、表示部として320×240画素の3.5インチカラーLCDを採用した。図5に計測項目の表示例を、図6に整定表示の例を示す。また、画面ユーティリティには、LCDの輝度設定の他に日本語と英語の言語選択機能を搭載した(図7)。



図5 計測項目の表示例



図6 整定表示の例

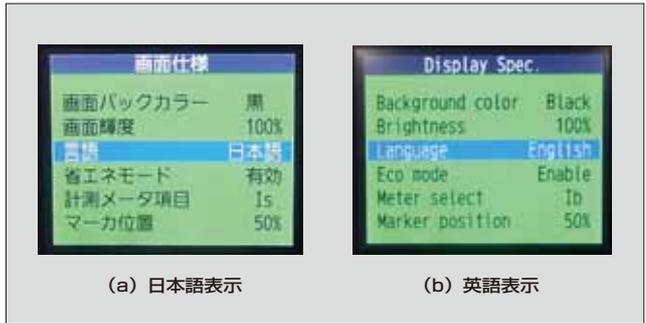


図7 言語選択機能

4.4 事故波形記録

従来品では、継電器がトリップ(引外し動作)した際に、設備として原因が判明せず不安を抱えながら運転を再開する場合があった。

F-MPC60G シリーズでは、保護動作時の原因究明や要因分析に役立つように、保護動作前後の波形を発生時刻とともに記録する機能を搭載した(表2)。この事故波形記録機能は、LCD表示画面に簡易波形表示を行うだけで

表2 事故波形記録機能および時計機能の仕様

機能	項目	仕様
事故波形記録機能	記録回数	過去2回分
	データ種	○アナログ8種 ○DI 10種, DO 4種
	記録容量	6,000点(波形記録1回分の最大記録点数)
	停電時のバックアップ	不揮発性メモリ使用(10年以上)
	データの取だし	○本体正面ローダ口でのUSB端子接続, 専用ソフトウェアによるダウンロード ○COMTRADEフォーマットのデータ形式
時計機能	停電時のバックアップ	○電気二重層コンデンサによりメンテナンスフリー ○15年(製品設計寿命)後でも1週間保持可能
	時刻設定方法	○本体パネル操作にて設定 ○通信機能を用いて設定 ○本体正面ローダ口でのUSB端子接続, 専用ソフトウェアによるPC時刻の同期設定
	時刻補正	汎用入力端子(DI)の機能に時刻補正パルスを入れてパルス検出時に0秒補正 ○現在秒が0~29秒のとき0秒に戻す ○現在秒が30~59秒のとき0秒に戻し1分進ませる

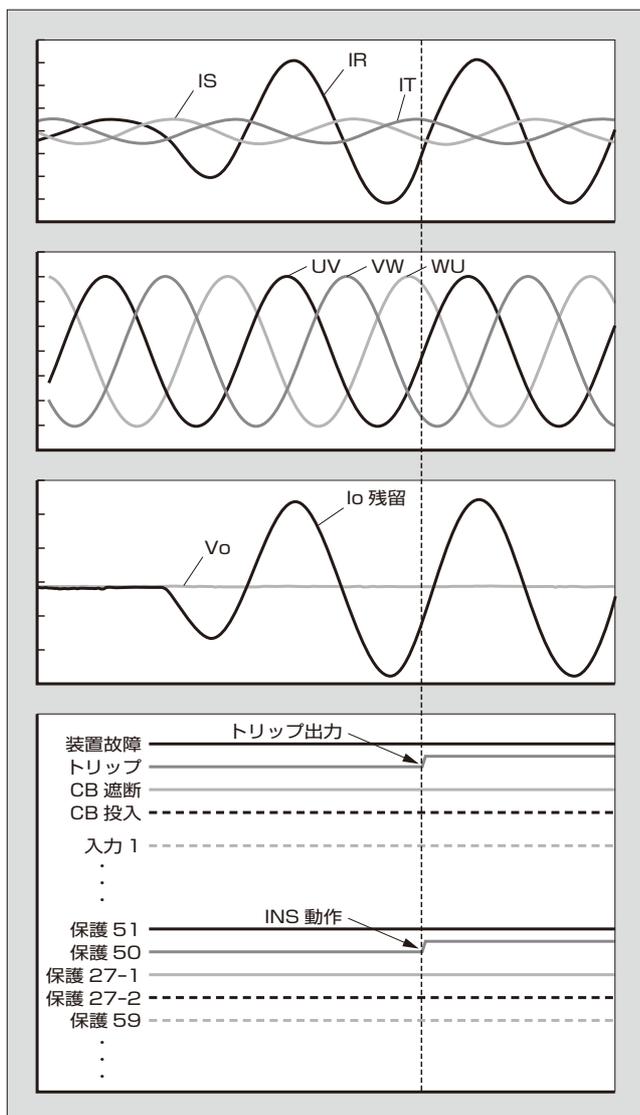


図8 事故波形記録の例

なく、本体正面のローダ口（USB 端子）に PC を接続し、**図 8** に示すようにデータを取り出して Excel でグラフ表示（注2）を行うことも可能である。

また、時計（リアルタイムクロック）機能は、バックアップ用の電源に大容量コンデンサを使用しているので、1 週間の停電でも現在時刻の再設定が不要である。

〈注2〉 Excel：Microsoft Corporation の商標または登録商標

〈注3〉 防火用エンクロージャ：内部からの火または炎の広がりを最小にすることを目的とする機器の一部



図9 製品底面の比較

4.5 IEC 規格対応

IEC 60255 シリーズ（保護継電器）の規格に準拠するために、内部の部品が発火しても燃焼粉が筐体（きょうたい）から漏れ出ることを防止する防火用エンクロージャ（注3）を採用した。**図 9** に示すように従来品における底面の開口部の替わりに、**図 1** に示したように側面と上部に温度上昇抑制用の開口部を設ける構造に変更した。

5 あとがき

本稿では、視認性・操作性が向上するデジタル形多機能リレー「F-MPC60G シリーズ」について述べた。

今後は、つながる化や親和性をキーワードに、需要家電気設備を保護するための保護継電器について、見える化の機能も搭載した受配電設備機器として開発を継続していく所存である。

参考文献

- (1) 鹿野俊介ほか. デジタル形電力監視用機器と電力監視システム. 富士時報. 1999, vol.72, no.7, p.403-409.
- (2) 一般社団法人日本電気協会. 電力用規格 B-402：デジタル形保護リレーおよび保護リレー装置.



工藤 英樹

電子機器の設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部長補佐。

エネルギー管理システムを実現する「F-MPC Web ユニット」「F-MPC ZEBLA」

“F-MPC Web Unit” and “F-MPC ZEBLA” for Implementing Energy Management Systems

圓淨 義紘 ENJO, Yoshihiro

高橋 秀夫 TAKAHASHI, Hideo

受配電系統における電力供給の高信頼性の実現や省エネルギー化に向けたニーズが高まっている。このニーズに応えるため、受配電盤などの電力使用量を計測する「F-MPC シリーズ」の計測データを一元管理する新型「F-MPC Web ユニット」と、建築物のエネルギー消費状況を監視し、自動制御で快適な室内環境を整えるとともに、エネルギー管理機能を持つ「F-MPC ZEBLA」をラインアップした。F-MPC ZEBLA は、F-MPC シリーズで計測した各種エネルギーデータを F-MPC Web ユニットで収集し、今後の電力の需要予測や省エネルギー制御のマネジメントを実現する。

There has been a growing demand for realizing energy savings and high-reliability power supply in power distribution systems. In order to meet these needs, we have developed the new “F-MPC Web Unit” and “F-MPC ZEBLA.” The F-MPC Web Unit centrally manages the power usage measurement data of switchboards measured by the F-MPC Series. The F-MPC ZEBLA comes with energy management functions that facilitate building energy consumption monitoring, while maintaining a comfortable indoor environment via automatic control. The F-MPC ZEBLA collects various energy data measured by the F-MPC Series via the F-MPC Web Unit to implement power demand forecasts and energy-saving control management.

1 まえがき

2010 年の「エネルギー使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）の改正に始まり、東日本大震災の経験による 2013 年の改正によって電力需要の平準化が推進されるなど、省エネルギー（省エネ）の必要性がいっそう高まっている。

このような中、受配電機器メーカーが提供している電力監視システムは高度化し、単なるデマンド監視からデマンド制御に移行しつつある。

一方、近年の産業界では IoT（Internet of Things）を導入するに当たり、電気使用量データの収集などに、富士電機の IoT のキーワードでもある “Small, Quick Start & Spiral-up” に取り組んでいる。そのため、従来の電力監視用の計測器を使用して、システムが容易に構築できる製品が求められている。

富士電機は、データ収集をする「F-MPC Web ユニット」を一新するとともに、エネルギー管理を実現する「F-MPC ZEBLA」を開発し、発売した。

なお、F-MPC Web ユニットは、機能やデザイン性などが評価され、2017 年度グッドデザイン賞を受賞した。

2 富士電機のエネルギー管理システムと課題

富士電機は、エネルギーの監視と管理のために、約 20 年間にわたり、次に示す「F-MPC シリーズ」をラインアップしている。

- (a) 電気使用量の見える化を行う低圧用電力監視機器「F-MPC04 シリーズ」やデジタル I/O 機器「F-MPC I/O」
- (b) 設備の保護監視を行うための高圧用保護継電器

- 「F-MPC50」「F-MPC60B」や低圧用絶縁監視機器「F-MPC IGR」「F-MPC IOR」
- (c) 太陽光パネルの故障を監視するストリング監視装置「F-MPC PV」

これらの装置によって、低圧から高圧までの省エネや、低圧回路の 24 時間絶縁監視、太陽光発電監視などを行うことができる（図 1）。これらの装置はいずれも RS-485 規格の汎用シリアル通信機能を搭載しており、同一通信プロトコルを用いて F-MPC シリーズが計測している全てのデータを収集することができる。

F-MPC シリーズは、データを収集して蓄積する上位システムもラインアップしている（表 1）。

データを収集する「F-MPC Web ユニット」は Web

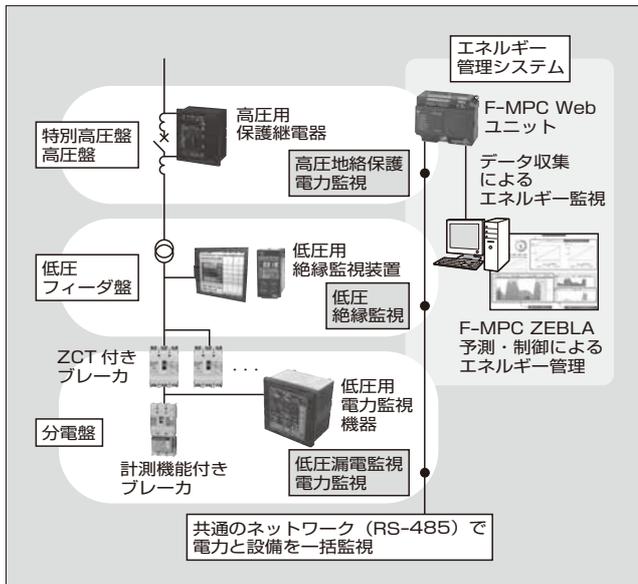
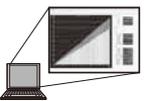


図 1 「F-MPC シリーズ」と電気系統図

表1 「F-MPC シリーズ」 上位システム

	F-MPC Web ユニット	F-MPC-Net Web	F-MPC-Eco Web	F-MPC ZEBLA
製品	 モデルチェンジ			
規模	小規模、 最大256点 データ	大規模、 最大10,000点 データ	大規模	大規模
主な機能	データ収集、 警報、デマンド 監視	データ収集、 警報、デマンド 監視	データベース による解析	電力、水、 ガスなどの トータル監視
特徴	システム構築を 容易にした 小規模案件向け	大規模データ 収集による 拠点管理向け	省エネ解析、 原単位管理	予測機能に よる自動制御、 省エネ

サーバを搭載しているため、汎用の Windows PC によって Internet Explorer などのブラウザからインターネットに接続しているかのように容易に小規模なエネルギー監視システム（最大 256 点のデータ管理）を構築することができる。

さらに、大規模システムを構築する場合には、最大 10,000 点の計測データの管理が可能で「F-MPC-Net Web」や、収集したデータを分析する「F-MPC-Eco Web」といった PC 用サーバソフトウェアをラインアップしている。

工場、学校、官公庁などでは、最初に F-MPC Web ユニットによる小規模システムを低コストで導入し、小規模システムを拡張することにより比較的容易に大規模システムを構築することができる。

2008 年に発売した F-MPC Web ユニットは、Windows の OS に依存している他、ハードウェアインターフェースや HMI の陳腐化が進んでいた。また、エネルギー監視システム全体の低コスト化を図り、システム導入時の初期投資を抑制する必要があった。

そこで、F-MPC Web ユニットを一新するとともに、エネルギー監視だけではなく、電力予測を用いてエネルギー管理も行う PC 用サーバソフトウェア「F-MPC ZEBLA」をラインアップした。F-MPC ZEBLA は、電気使用量を削減するために照明や空調などを自動で制御する。

3 新型「F-MPC Web ユニット」

3.1 ユーザーインターフェース強化によるエンジニアリングレス化

2章で述べたように、ユニットのインターフェースやユーザーインターフェースに最新の技術を取り入れた新型 F-MPC Web ユニットを開発した。

新型 F-MPC Web ユニットは、設定用の専用アプリケーションをインストールすることなく、PC 上のブラウザを使って簡単なマウス操作で初期設定を行うことができる。

スマートフォンやタブレットのタッチパネル操作ができるように、画面上の操作ボタンを大きくした。各ブラウ

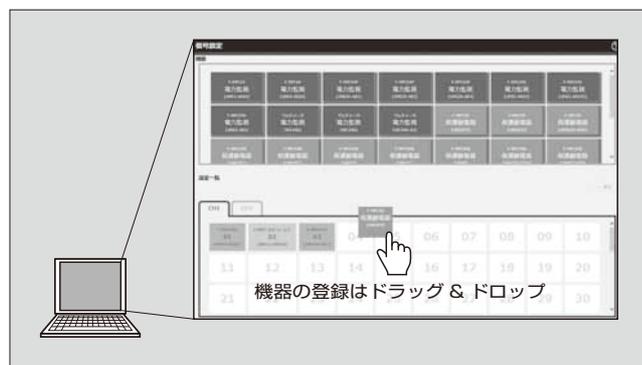


図2 新型「F-MPC Web ユニット」の機器登録画面の例

ザーで採用が進んでいる HTML5 をベースに、JavaScript や css などの標準機能を使ってソフトウェアを開発したことにより、Windows などの OS に依存しない。また、操作画面のデザインは視覚的にも分かりやすいユーザーインターフェースを実現した（図 2）。

また、機器の設置と配線作業を完了した後にブラウザを開いて、わずか 3 ステップ（3 タッチ）で最低限の初期設定が完了する仕組みをつくった（図 3）。新型 F-MPC Web ユニットは、RS-485 を使って接続されている F-MPC シリーズを自動的に検索し、機器のアドレスや機種を識別する。さらに、選んだ監視レベル（“簡易”，“詳細”，“制御”）によって、収集するデータを自動的に選択する。例えば電気使用量だけの監視であれば“簡易”レベルを選択する。照明などの制御で省エネを図るのであれば，“制御”レベルを選択し、出力用の信号を登録することでデマンド監視による省エネ制御ができる。このように、エンジニアリングレス化によって、導入時の初期設定が容易になり、初期導入時のエンジニアリング費用が低減し、エネルギー監視システムの導入のハードルが下がった。新型 F-MPC Web ユニットでは、中規模・大規模工場だけではなく、小規模工場や専任の設備管理者がいない拠点においても、容易かつ安価なシステム構築が可能である。

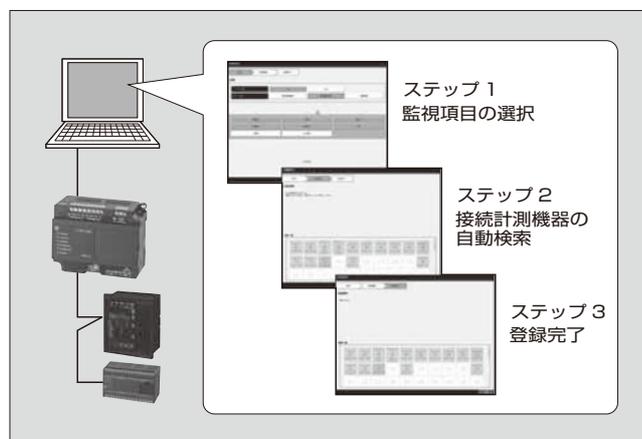


図3 新型「F-MPC Web ユニット」における自動設定の 3 ステップ

3.2 多種多様なインターフェースの搭載

新型 F-MPC Web ユニットの開発コンセプトは、10 年

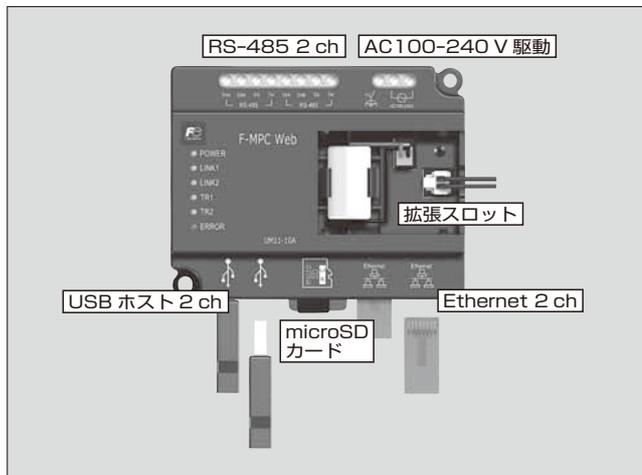


図4 新型「F-MPC Web ユニット」のインターフェース

表2 新型「F-MPC Web ユニット」の仕様

	新型F-MPC Webユニット	旧型F-MPC Webユニット	機能アップの特徴
搭載OS	汎用LinuxOS	組込み専用OS	拡張アプリケーション開発が容易
Ethernet	10/100Mb 2 ch	10/100Mb 1 ch	PC監視用とデータ収集用の2系統
RS-485	2 ch (63台×2)	1 ch (63台)	富士電機プロトコルと汎用MODBUSプロトコル製品の統合
RS-232C	なし (USB変換)	1 ch	旧式インターフェースもUSB変換機で対応可能
USBホスト	USB2.0 2 ch	なし	非搭載インターフェース (RS-232Cや無線通信など) もUSB変換機で接続可能
拡張バス	あり	なし	将来的な拡張ユニット接続による機能アップ

後の産業分野で通用する仕様を持つ製品とした。

フィールドネットワークは、デファクトスタンダードであるRS-485を2チャンネル搭載した。これにより、F-MPC Web ユニット1台でプロトコルの異なるRS-485搭載機器のデータ収集と監視が可能である。また、今後、受配電・開閉・制御機器コンポーネントやセンサネットワークにもEthernet系プロトコルの採用が多くなることを想定し、Ethernetを2チャンネル搭載している(図4、表2)。これにより、PCとの接続用と下位電力監視機器のデータ収集用などの使い分けが可能となる。さらに、USBホスト機能を搭載することにより、将来新たな通信規格が登場しても、USB通信変換器を用いてフレキシブルに対応することができる。

新型F-MPC Webユニットを用いたエネルギー監視システムでは、図5に示すように多種多様な計測器からデータを収集し、管理することにより、見える化や割り当てによるパターン制御が可能となる。

ソフトウェア面においては、汎用OSであるLinuxを採用し、陳腐化しないシステムとした。新型F-MPC Webユニットでは、機能追加などのバージョンアップが容易になり、ユーザの意見や要望を素早く取り込むことや、IoT用のコントローラとして必要な機能を追加することなどのさまざまな対応が可能である。

4 「F-MPC ZEBLA」

4.1 概要

経済産業省では、エネルギー消費を極力抑え、再生可能エネルギーなどを活用してエネルギー的に自立した建築物(ZEB: Net Zero Energy Building)を実現するための実証事業を推進している。

ZEBでは、建築物のエネルギー消費状況を監視し、エネルギーの使いすぎを防止しながら自動制御で快適な室内

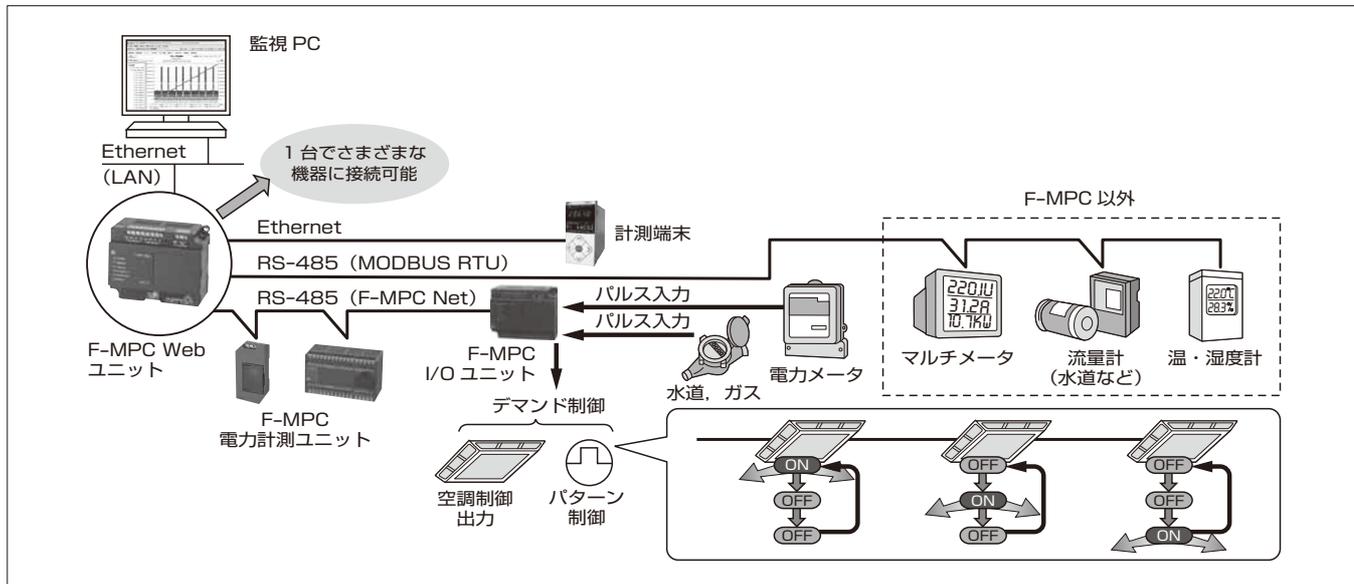


図5 新型「F-MPC Web ユニット」によるエネルギー監視システムの構成例

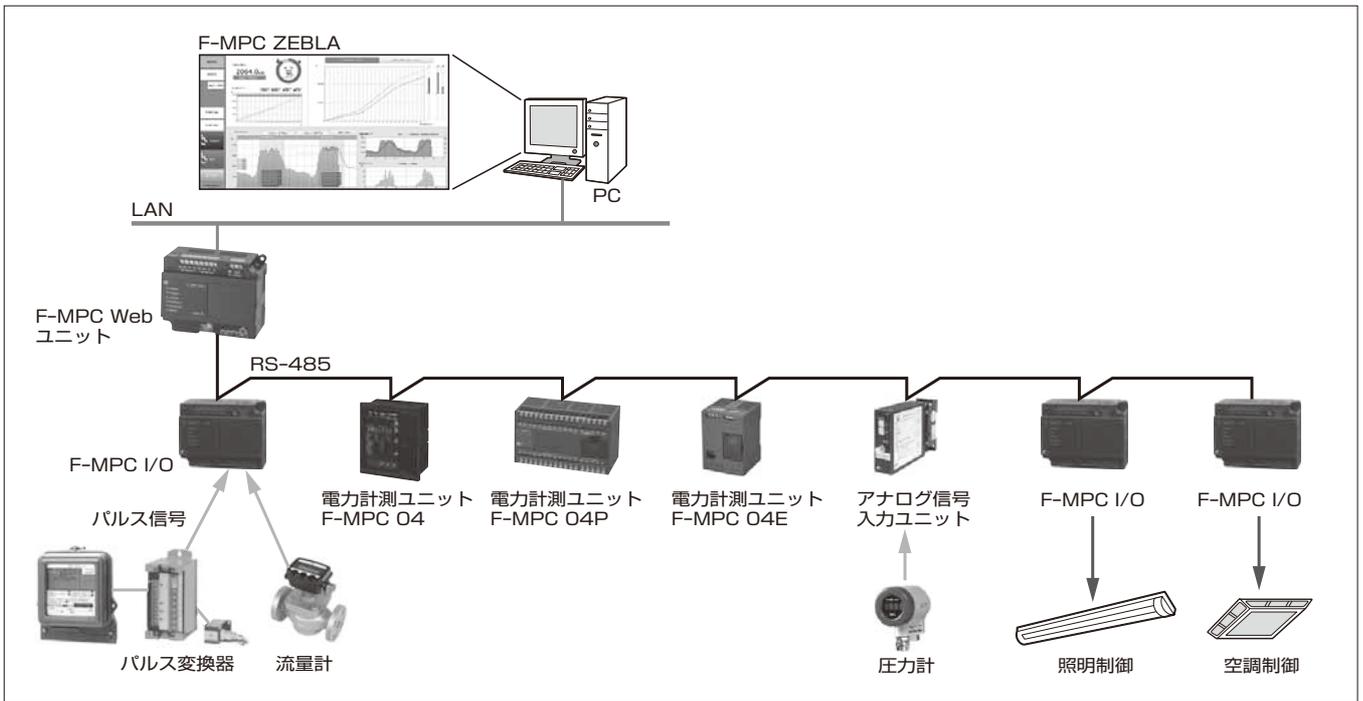


図6 「F-MPC ZEBLA」による省エネルギー管理システムの構成例

環境を整えるエネルギー管理機能が求められる。「F-MPC ZEBLA」は、このようなZEBに求められる機能を持つ、中・大規模向けBEMS（Building Energy Management System）として開発したエネルギー管理用のソフトウェアパッケージである。F-MPC ZEBLAは、収集された過去の需要エネルギーデータを基に需要を予測し、最適な省エネ制御を行い、ZEBを実現する。

図6に、F-MPC ZEBLAによるエネルギー管理システムの構成例を示す。F-MPC ZEBLAは、F-MPCシリーズで計測した各種エネルギーデータをF-MPC Webユニットで収集し、その収集データによって今後の需要予測や省エネ制御のマネジメントを実行する。

4.2 エネルギーマネジメント機能

F-MPC ZEBLAは、エネルギーマネジメント機能として、電気、ガス、水、油などの消費エネルギーの管理（10種類）と、太陽光発電や風力発電などの創エネルギーの実績管理（10種類）を行うことができる。

エネルギー管理者は、月ごと、日ごとの実績を把握し、年間の省エネ目標に対して現在の消費している電力量が予定どおりなのか、消費を抑えるべきなのかといった管理が常に求められる。F-MPC ZEBLAは、年間の削減目標を設定するだけで、過去の蓄積されたデータおよび事業所の操業予定（カレンダー）から、月ごと、日ごとの目標を自動的に決定し、エネルギー管理者の負担を軽減する。

4.3 エネルギー需要予測の概要

エネルギー需要は、気候、生産量、休祝日、行事の有無などの影響を受けるため、時間帯ごとの需要予測が適正か否かの判断は非常に困難である。そこで、図7に示すよう

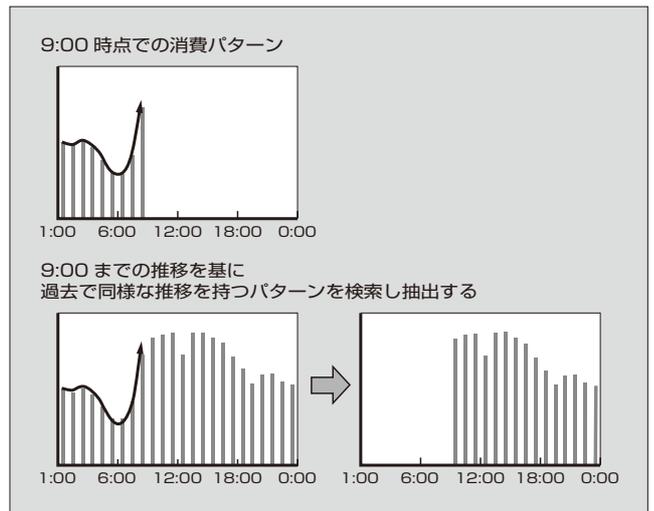


図7 「F-MPC ZEBLA」による需要予測の例

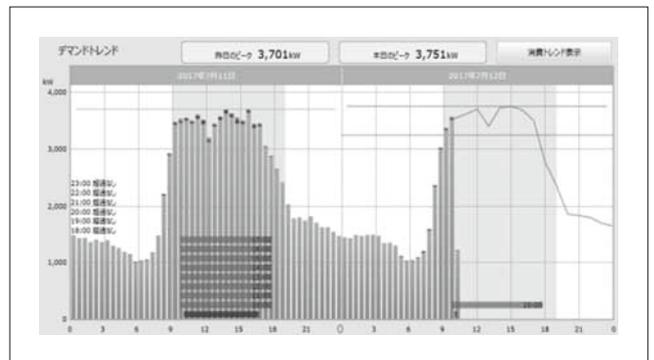


図8 「F-MPC ZEBLA」のデマンド予測画面の例

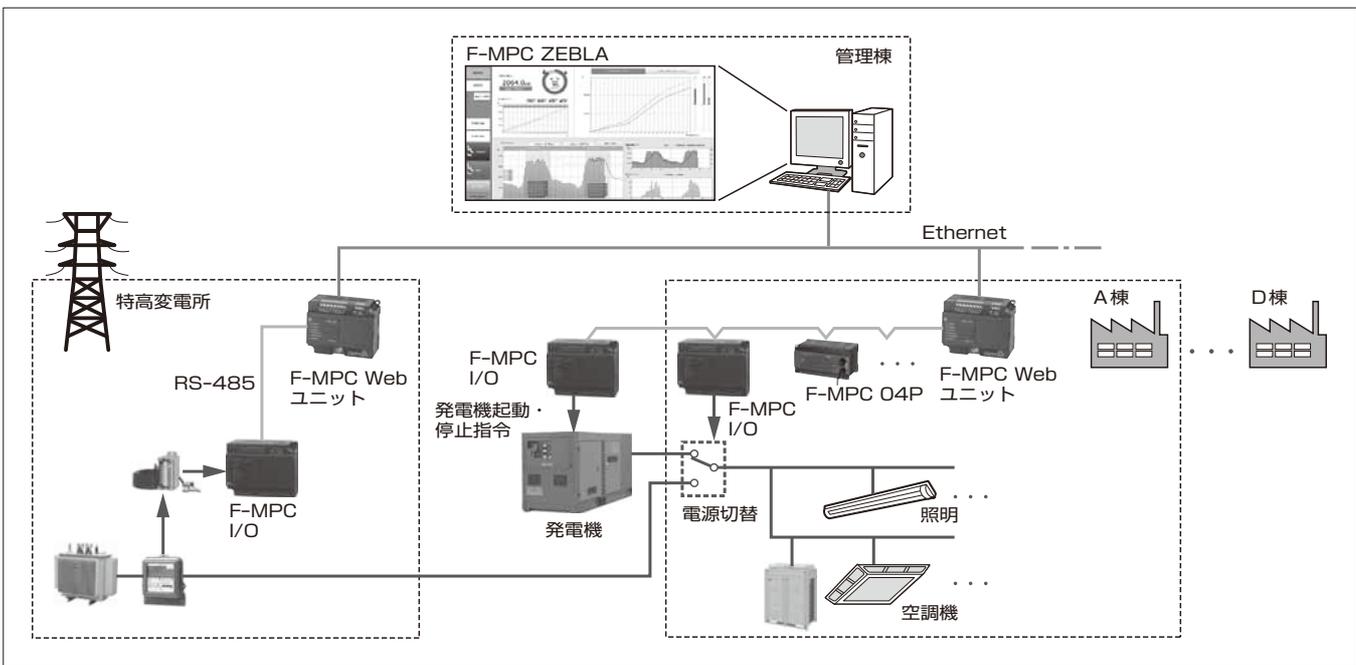


図9 吹上工場でのピーク対策実施例

にデータベースに蓄積した1日の需要データパターンから類似パターンを抽出することにより、当日の各時間帯の消費電力量を予測することができる。

4.4 電力の需要予測とデマンド制御

電気供給業者との契約がデマンド（最大需要電力）契約の場合、電力量が契約デマンドを超えないように監視することは電力料金を低減する上で重要なポイントである。

このため、一般的にはデマンドコントローラを使用し、電力量を監視して契約デマンドを超えないように消費を抑えるピーク対策を実施している。これをデマンド制御と呼ぶ。具体的には、次のような事例が多い。デマンドコントローラは30分単位で契約デマンドを超えるかどうかを判断し、超える場合には警報を出す。警報を受けて、エネルギー管理者が空調を停止するなどのピーク対策を行う。

これに対し、図8に示すように、F-MPC ZEBLAではデマンド予測機能を持ち、従来のデマンドコントローラでは判断できない契約デマンドを超過する時刻と復帰する時刻を予測する。このため、余裕を持ったデマンド制御ができ、必要最小限のピーク対策が可能となる。

従来、富士電機の吹上工場においては、夏季のピーク時に、エネルギー管理者がデマンドコントローラの警報により、自家用発電機の運転や空調機の停止など、人手によるピーク対策を実施してきた。しかし、ピーク対策が間に合わない恐れもあるため、あらかじめ警報の前に発電機の運転を開始したり、需要のピーク時間帯が終了したという判断が難しく余計なピーク対策を続けたりするが多かった。

そこで、吹上工場では、図9に示すようにF-MPC ZEBLAを導入しピーク対策を行っている。デマンドを超えると予測される時間帯の前に、空調と照明を発電機の

負荷に切り替えるピーク対策を行っている。これにより、ピーク時も空調停止などの余計な対策が不要となり、快適性が損なわれない。

5 あとがき

エネルギー管理システムを実現する「F-MPC Web ユニット」「F-MPC ZEBLA」について述べた。富士電機は、これらのシステムによってエネルギーマネジメントを中心としたソリューションを担っていく。これらのシステムは、IoTの浸透によって変化する産業界において受配電・開閉・制御機器コンポーネントのネットワーク化を促進していく役割を持つものであり、IoTの進化によって要求される仕組みを実現していく。

今後も、新たな要求を発掘し、新技術・新機能として開発していく所存である。

参考文献

- (1) 田澤勇治ほか. 設備監視およびエネルギー監視システム用機器 -「F-MPCシリーズ」の拡充-. 富士時報. 2012, vol.85, no.2, p.144-147.
- (2) 町田悟志. エネルギー監視システム・機器「F-MPCシリーズ」の取組み. 富士時報. 2010, vol.83, no.2, p.151-155.



圓淨 義紘

エネルギー監視機器の開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長補佐。



高橋 秀夫

情報・制御システムの応用製品企画およびシステムエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部課長。



高過電流耐量を備えた密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」

“SVE135” Sealed High-Voltage Contactor Having High Overcurrent Withstand Capability

中 康弘 NAKA, Yasuhiro

柴 雄二 SHIBA, Yuji

櫻井 裕也 SAKURAI, Yuya

大容量バッテリーを搭載した環境対応自動車の普及に伴い、その急速充電用回路には、事故時を想定した高い過電流耐量を備えたコンタクタが求められている。富士電機はこの要求に応え、環境対応自動車における安全性向上に寄与するため、独自接点構造を採用した密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」を開発した。独自の接点構造により、接点の接触圧力を高めることなく短絡電流が流れた際に発生する電磁反発力の大部分を相殺可能とし、小型・軽量でありながら、従来比で2倍以上となる20kAの高過電流耐量を実現した。

The spread of environmentally friendly vehicles mounted with large-capacity batteries has required that quick charging circuits be equipped with contactors capable of high overcurrent withstand capability during times of failure or accident. In response to this demand, Fuji Electric has developed the “SVE135” sealed high-voltage contactor as a unit that adopts a unique contact structure that contributes to improving the safety of environmentally friendly vehicles. This unique contact structure makes it possible to cancel out most of the electromagnetic repulsive force generated at the time of short-circuit current flow without increasing the contact pressure of the contact. As a result, this compact and lightweight unit has achieved a high overcurrent withstand capability of 20 kA, which is more than twice as high as the previous model.

1 まえがき

近年、地球温暖化防止に向けて、低炭素社会への転換が世界的に取り組まれている。発電分野や配電分野では、大規模な太陽光発電設備の建設など再生可能エネルギーを活用した直流配電システムの普及が進んでいる。また、自動車分野でも米国におけるZEV規制や欧州でのCO₂排出量規制により、大容量バッテリーを搭載した環境対応自動車の普及が加速的に進むと予想される。こうした背景の中、開閉制御機器分野においては高電圧の直流を安全に制御するための機器が目ざされている。

特に自動車分野においては、充電効率を高めて充電時間を短縮するためのバッテリーの高電圧化が進み、DC400Vを超える高電圧に対応した小型で安全性の高い直流コンタクタが求められている。

本稿では、2017年4月に発売した密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」について述べる。

2 開発の背景と仕様

車載向けとして使用されている高電圧対応の直流コンタクタは、従来のような接点がむき出しの開放型と異なり、接点部を密閉容器内に配置した密閉型が主流となっている。その理由として、主に次の三つが挙げられる。

- (a) 密閉容器内を遮断に適した環境とすることで遮断性能を高め製品の小型化が可能である。
- (b) 外部からの異物侵入がないため接触信頼性が高い。
- (c) 遮断時のアークによる外部へのダメージが少ない。

図1に一般的な電気自動車(EV)の高電圧回路構成を示す。モータやインバータ、大容量バッテリーを搭載し、これらをつなぐ回路にはそれぞれの用途に適した密閉型コ

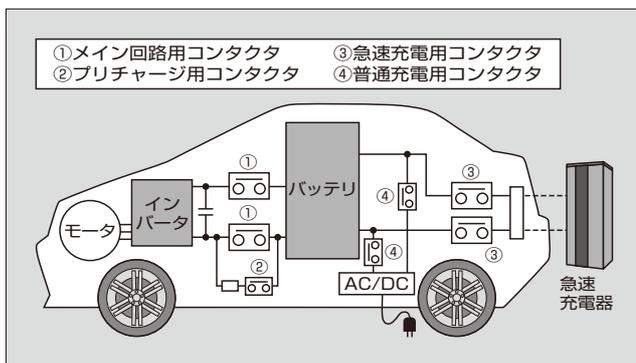


図1 電気自動車の高電圧回路構成

ンタクタが搭載されている。その中で、図中③で示す急速充電用コンタクタは、主にバッテリーを急速充電する際に使用される回路の開閉・保護を担う。

EV普及における最大の課題として、充電時間の短縮と航続距離の延長が挙げられる。現在、主流となっているリチウムイオン二次電池は、他の二次電池と比べて内部抵抗が小さく、エネルギー密度が高いため高出力・大容量化に適しており、各国で研究が進められている。ここで、バッテリー性能の向上に伴いコンタクタ側で問題となるのが、事故時を想定した過電流耐量である。

万が一、短絡事故が発生した場合に、回路を安全に切り離すためのヒューズが溶断するまで、コンタクタは短絡電流に耐えなければならない。しかし、大きな電流がコンタクタに流れると、コンタクタの接点接触部で発生する電磁反発力により、ON状態が維持できずに接点が浮き上がり接点間にアークが発生してしまう。発生したアークにより温度が上昇し、その結果、密閉型コンタクタでは密閉容器内の内圧が異常に高まることで、破裂・発火といった破損が生じる可能性がある。



図2 密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」

表1 「SVE135」の代表的な仕様

項目	仕様
定格電圧/電流	DC450V/135A
遮断性能	DC450V/400A, 50回
過電流耐量	20kA 50ms
主回路極性	なし(双方向遮断可能)
誤動作衝撃	全方向490m/s ² 以上

このコンタクタが耐えられる最大電流および通電時間を規定したものが、過電流耐量である。バッテリーが高出力・大容量化するほど、事故時に流れる短絡電流は大きくなり、コンタクタに求められる過電流耐量も高くなる。

富士電機はこうした要求に応えるため、高過電流耐量を備えた密閉型高電圧コンタクタ(HVC: High Voltage Contactor)「SVE135」を開発した(図2)。表1にその代表的な仕様を示す。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 独自接点構造による高過電流耐量
- (2) 接点部密閉構造による小型化と高接触信頼性
- (3) 主回路±無極性化と正逆両方向同一遮断性能
- (4) 全方向取付可能

3 開発品の構造と特徴

3.1 接点構造と過電流耐量の向上

一般的にコンタクタの過電流耐量性能を決めるパラメータは、接点の接触圧力である。コンタクタがON状態で主回路に短絡電流のような大きな電流が流れた場合、図3に示すように接点接触部において電流の集中と拡散が発生し、可動接点と固定接点の間において、互いに離れようとする電磁力(電磁反発力)が発生する。この電磁反発力は電流値の二乗に比例し、その反発力による接点の浮き上がりを防ぐためには、反発力よりも接点の接触圧力を高める必要がある。しかし、接触圧力を高めると、それを駆動するために大きな電磁石吸引力が必要となり、製品の大型化や電磁石の消費電力の増大が起こる。

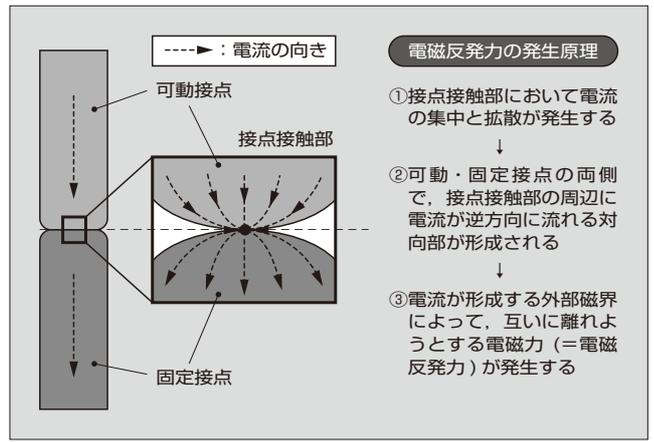


図3 接点接触部における電磁反発力の発生原理

図4に今回開発したHVCの接点部の構造を示す。可動接点を挟むように固定接点をコの字形形状とすることで、可動接点と固定接点に電流が逆方向に流れる対向した平行導体部を形成している。

一般的に二つの平行導体に同じ電流が逆向きに流れると、その距離Lや電流Iに応じ、互いに離れようとする方向に式(1)で表される電磁力Fが発生する。

$$F = \frac{\mu}{2\pi L} I^2 \dots \dots \dots (1)$$

F: 単位長さ当たり働く電磁力 (N/m)

μ: 透磁率

L: 平行導体間の距離 (m)

I: 平行導体に流れる電流 (A)

この原理を利用し、可動接点に対して接点接触部で発生する電磁反発力とは逆方向に抑え込む力、すなわち平行導体部の電磁力を発生させることを可能とした(図5)。この電磁力も式(1)より電流値の二乗に比例する。つまり、平行導体部の長さや距離といった寸法の設計パラメータによって発生させる力を制御でき、接点接触部で発生する電磁反発力の大部分を相殺可能である。

結果として、過電流耐量を高めたい場合に従来のように大きな接触圧力を設定する必要がなくなり、安定した接点動作を維持するための必要最小限の接触圧力を確保するだ

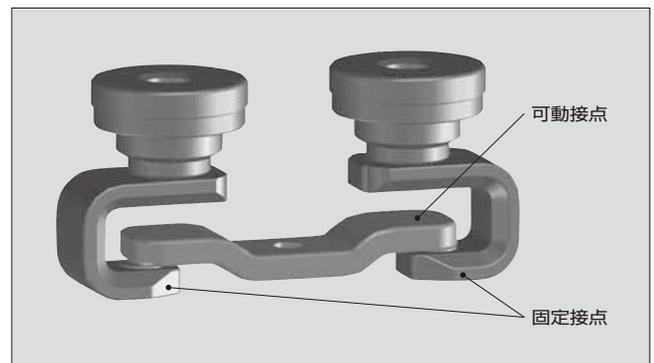


図4 HVCの接点部構造

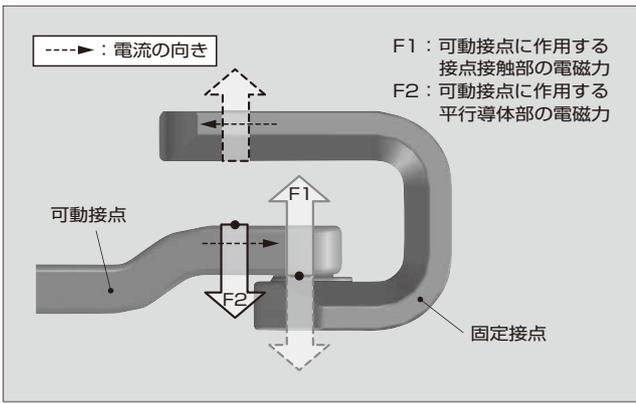


図5 可動接点に作用する力

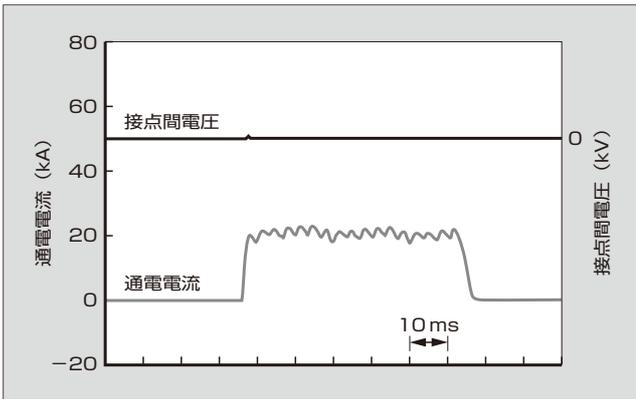


図6 20 kA 通電時の試験波形

けて、非常に大きな過電流耐量性能を実現できる。

図6に、開発目標であった20 kA/50 msの過電流を主回路に通電した際の試験結果を示す。20 kAの電流が流れている時間、コンタクタの接点間電圧は安定しており、接点が浮き上がることによるアーク電圧が発生していないことを確認できた。

図3のような一般的な突き当て型の接点構造の場合、製品外形寸法などの制約から、設定できる接点の接触圧力にも制限がある。試算では接触圧力のみで過電流耐量を高めようとした場合、9 kA程度が限界となる。

今回開発したHVCは、その2倍以上の高過電流耐量を備えており、今後、さらにバッテリー性能が向上し、短絡電流が増大しても、より安全なコンタクタとして提供できる。

3.2 接点部密閉構造と直流遮断技術

一般的な直流遮断と交流遮断の原理について、図7に示す。電流ゼロ点が周期的に生じる交流と異なり、ゼロ点が生じない直流の遮断においては、接点間に発生するアーク電圧を電源電圧以上に高めることで強制的にゼロ点を作り接点間の絶縁を回復する必要がある。

アーク電圧を高める最も一般的な方法は、アークを引き伸ばすことである。従来の開放型直流コンタクタでは、永久磁石を用いてアークを消弧スペースに引き伸ばすことで遮断性能を高める磁気駆動方式を採用していた。しかし、数百Vを超える高電圧遮断ができるようにアーク電圧を

	直流遮断	交流遮断
電流波形	(I) 電流ゼロ点なし 0 (t)	(I) 電流ゼロ点 0 (t)
遮断プロセス	①接点間でアークを発生させ、電流を限流する	①接点間でアークを発生させ、電流を限流する
	②アーク電圧を電源電圧以上に高め、ゼロ点を作る	②一定周期でゼロ点を迎える
	③接点間のアークを消弧する	③接点間のアークを消弧する
	④接点間の絶縁を維持する	④接点間の絶縁を維持する

図7 電流の違いによる遮断原理

高めるためには、消弧スペースの大型化が避けられない。

そこで、HVCでは、永久磁石を用いた磁気駆動方式に加えて接点部を密閉容器内に配置し、そこに遮断性能を高める遮断用ガスを封入することで、従来の開放型直流コンタクタに比べて大幅な小型・軽量化を実現した。図8に従来品との比較を示す。

さらに、EVにおける急速充電用回路はV2H (Vehicle to Home) にて車両側から外部に電力を供給する場合にも使用されることがある。この際、コンタクタには通常の急速充電時とは逆方向の電流が流れることになり、逆方向における遮断性能も正方向と同等レベルに要求される。そこで、図9に示すように電流がどちらの方向に流れていても、同じだけアークが引き伸ばせるように永久磁石と消弧スペースの配置を工夫し、この問題を解決した。

図10に、DC450 V/400 Aを正方向および逆方向でそれぞれ50回連続遮断した際の遮断時間の推移を、図11にその代表波形を示す。この結果から、正方向・逆方向ともに非常に安定した遮断性能を持っていることが確認できる。

さらに、双方向同一遮断性能を実現したので、配線時における主回路の極性間違いを心配する必要がなくなり、顧客の作業性と装置の安全性が向上する。

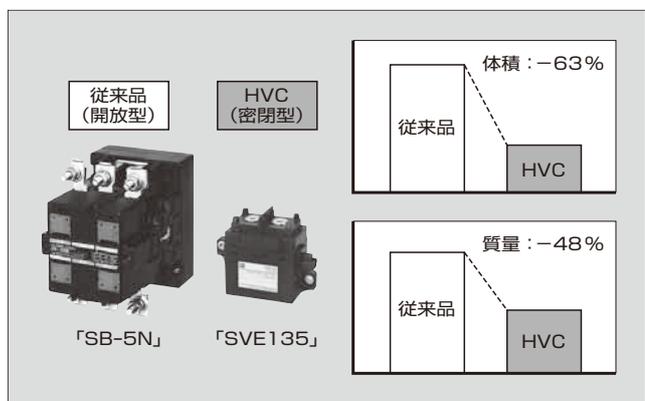


図8 「SBシリーズ」(従来品) との比較

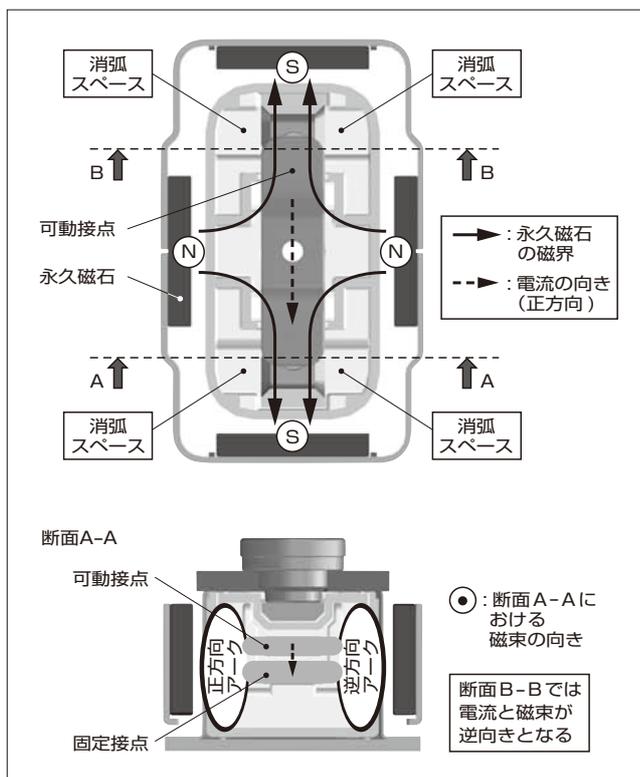


図9 遮断部構造とアーク駆動原理

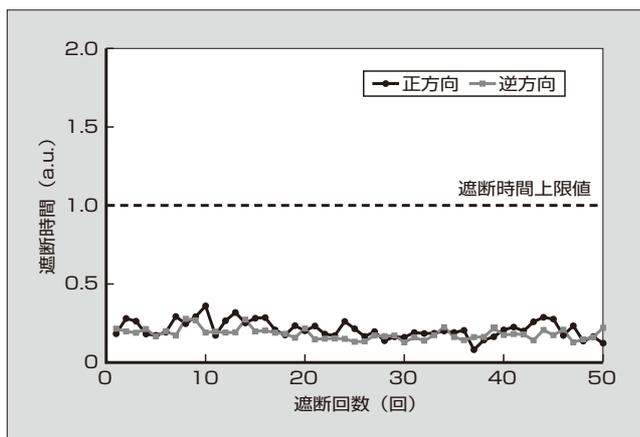


図10 DC450V/400Aの遮断時間推移

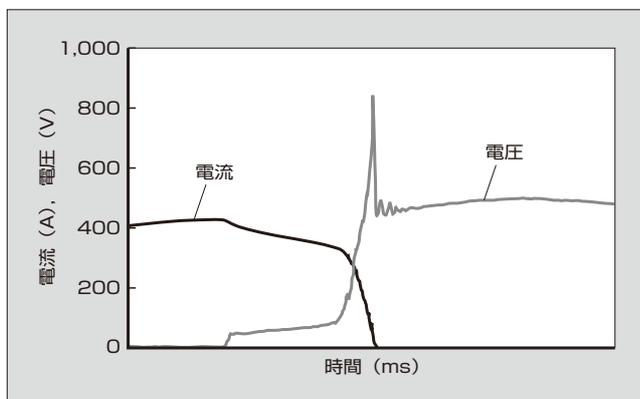


図11 DC450V/400Aの遮断波形

3.3 高効率電磁石構造と誤動作衝撃性能

車載向けのコンタクタに求められる耐衝撃性能は、産業向けに比べてはるかに要求が高く、あらゆる方向からの衝撃が想定され、取付方向も多様である。

構造的にコンタクタは接点の駆動軸方向に対する外部からの衝撃に弱く、特に接点がOFF状態において誤動作衝撃性能が最も低下する。そのため、他の方向に比べて誤動作衝撃の保証値を下げたり、取付方向を制限したりすることが一般的であった。しかし、これによりコンタクタを扱う顧客側で機器のレイアウトに制限を生じさせてしまっている。

そこで、取付方向の制限をなくすため、接点部密閉構造に対応した高効率直流電磁石を開発した。図12に、今回開発した電磁石構造を、図13にその磁気回路構成を示す。この構成は、磁気回路内に永久磁石を配置し、積放状態を維持するための補助的な付勢力としてその永久磁石の磁力を活用する単安定有極電磁石方式である。HVCで初めてこの方式を採用した。

図13に示したように、電磁石が積放状態にある場合、

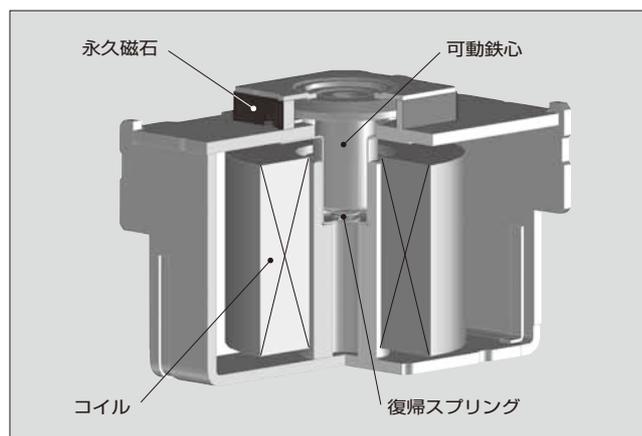


図12 電磁石の構造

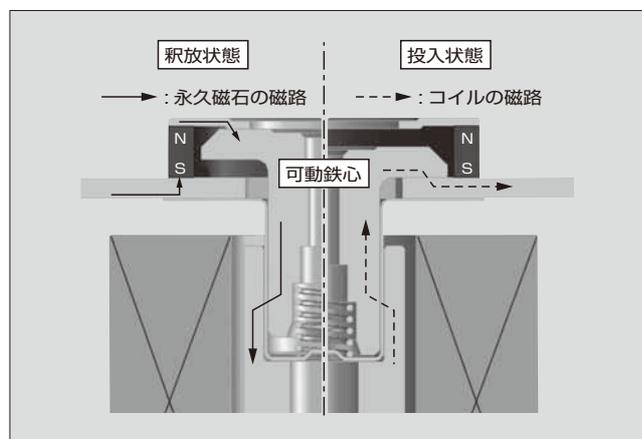


図13 磁気回路の構成

〈注〉付勢力：積放状態を維持するため、可動接点を含む可動部を積放方向に押えつけようとする力

可動鉄心には復帰スプリングの荷重と永久磁石の磁力が作用している。また、コイルに電圧を印加し、可動鉄心を投入状態とした場合、この永久磁石は磁気回路から切り離され、電磁石特性に影響を与えることはない。

図14に、従来品と開発品における負荷特性の模式図を示す。

従来品では、コンタクタがOFF時の誤動作衝撃性能を高めるためには、図中に付勢力として示した復帰スプリング荷重が重要となる。この荷重を高めればOFF時の誤動作衝撃性能は高まるが、同時に電磁石が吸引すべき負荷特性全体が大きくなってしまふ。

開発品では、図14(b)に示すように釈放状態にて永久磁石の磁力を活用できるため、釈放方向への付勢力を高めたまま復帰スプリングの荷重を全体的に低減できる。つまり、効率的に誤動作衝撃性能を高めた上で、負荷特性全体は低減できるため、電磁石を小さくすることができる。

これにより、開発目標であった 490 m/s^2 の衝撃に対し、全ての方向で誤動作が発生しないことを確認した。

通常、 490 m/s^2 以上の誤動作衝撃性能があれば、コンタクタのレイアウトにおいても取付方向を制限する必要がなくなり、顧客でのレイアウト設計における自由度が増すことになる。

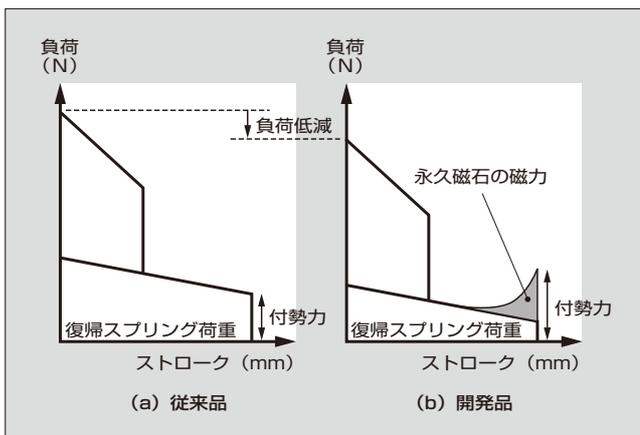


図14 負荷特性の模式図

4 あとがき

本稿では、高過電流耐量を備えた密閉型高電圧コンタクタ「SVE135」について述べた。

今後、急速な普及拡大が予想されるEV向けのコンタクタに対し、さらなる高電圧化への製品技術対応など、市場ニーズに沿った開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 経済産業省. “EV・PHV ロードマップ検討会報告書 2016.3.23”. <http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160323002/20160323002-3.pdf>. (参照 2017.08.18).
- (2) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO). “NEDO二次電池技術開発ロードマップ2013 2013.8”. <http://www.nedo.go.jp/content/100535728.pdf>. (参照 2017.08.18).



中 康弘

電磁開閉器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部次世代開発プロジェクト部アシスタントマネージャー。



柴 雄二

電磁開閉器の遮断要素技術開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部。



櫻井 裕也

電磁開閉器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部次世代開発プロジェクト部。

密閉型高電圧コンタクタの開発を支えるシミュレーション技術

Simulation Technology Supporting Development of Sealed High-Voltage Contactors

坂田 昌良 SAKATA, Masayoshi

竹本 貴紀 TAKEMOTO, Takanori

富士電機は、バッテリーの高出力・大容量化に対応できる高過電流耐量を備えた、車載向けの密閉型高電圧コンタクタを開発してきた。高電圧コンタクタは、密閉容器となるカプセル内に接点を配置し、遮断性能の良いガスを封入することで、小型でありながら大容量の開閉性能と遮断性能を実現している。電磁界、伝熱、熱などのさまざまな解析にシミュレーション技術を効果的に活用した解析主導型の開発を行うことで、実現可能性の可否を事前に判断するとともに、製品の性能や信頼性の向上を図った。

Fuji Electric has developed a sealed high-voltage contactor for automotive applications that has a high overcurrent withstand capability to deal with high-output and large-capacity batteries. The high-voltage contactor achieves high-capacity switching and breaking performance despite its compactness because its contacts are arranged inside a sealed capsule container filled with a gas of good breaking performance. By conducting analysis-driven development that effectively utilizes simulation technology for various types of analysis, such as electromagnetic field, heat conduction and thermal analysis, we were able to determine feasibility in advance and implement a design that improves product performance and reliability.

1 まえがき

富士電機は、バッテリーの高出力・大容量化に対応できる高過電流耐量を備えた、車載向けの密閉型高電圧コンタクタを開発してきた。このコンタクタは密閉容器となるカプセル内に接点を配置し、遮断性能の良いガスを封入することで、小型でありながら大容量の開閉性能と遮断性能を実現することができる。

高電圧コンタクタの開発に当たっては、カプセル内での接点の開閉や車載を視野に入れた環境性能の実現など、これまでのコンタクタで蓄積された技術やノウハウだけでなく、新しい技術領域での開発が必要であった。

現在では、受配電・開閉・制御機器コンポーネントに関しては、性能評価の多くの範囲をコンピュータによるシミュレーション技術により計算機上で再現できるようになってきている。ここでのシミュレーション技術とは、有限要素法による構造強度解析や熱伝導解析、振動解析、電磁界解析、数値流体解析を指し、さらにこれらの解析を連成させることで複雑な現象も再現することができる。このため、高電圧コンタクタの開発においてはシミュレーション技術を効果的に活用することで性能や信頼性の向上を図っている。

2 技術課題とシミュレーション技術

高電圧コンタクタの開発では、密閉容器となるカプセル構造に起因した技術課題や、コンタクタの延長線上にある小型化および高信頼性化に基づく技術課題などがある。

図1に、各種の性能を達成するための技術課題と、それらに対応するシミュレーションの解析分野を示す。高電圧コンタクタの技術課題は多岐にわたり、その解析分野も電

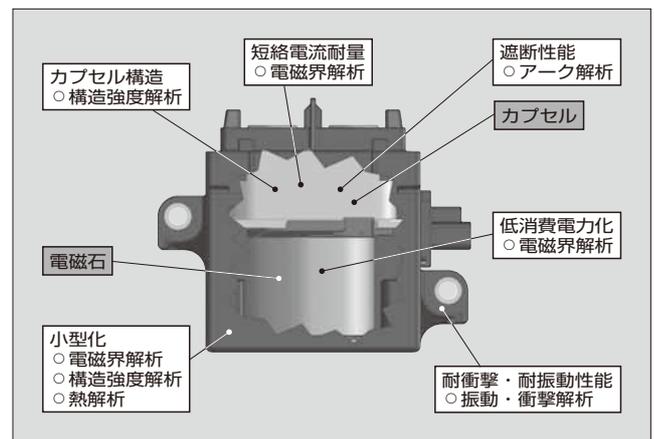


図1 高電圧コンタクタの技術課題と対応するシミュレーションの解析分野

磁界、熱、振動などの広範囲になる。

高電圧コンタクタの開発では、このような技術課題を解決するために、シミュレーションを事前に実施することで実現可能性の可否を判断し、有効となるアイデアに対して試作実験を行っていくという解析主導型の開発を行った。

また、試作実験で得られた結果はシミュレーションと比較し、乖離（かいり）がある場合はモデル化や境界条件の見直しを行い、シミュレーションの精度向上を図った。

3 シミュレーション適用事例

3.1 電磁界解析による短絡耐量性能の向上

短絡耐量性能を向上させるためには、短絡電流が流れた場合でも接点が浮き上がらないような工夫が必要となる。接点が浮き上がると、大電流アークによりカプセルが爆発する可能性がある。

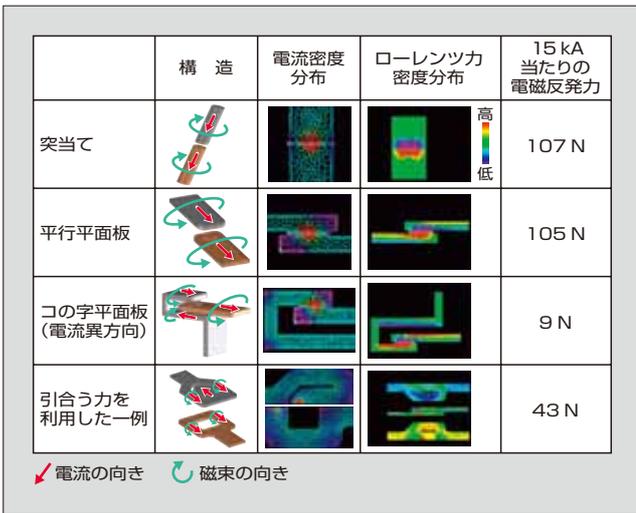


図2 接点構造と電磁反発力

開発の初期段階では、さまざまな接点の構造に対して電磁反発力がどの程度の大きさになるかを電磁界解析により検討した(図2)。この結果、コの字平板の構造が電磁反発力を極端に小さくできることが確認でき、この構造で開発を進めることにした。

また、接点の構造に関しては、電磁反発力以外に過電流が流れた場合、どの程度の時間で接点が溶融し、溶着するかなどを電気-伝熱の計算で予測した。このようなシミュレーションを実施することで、接点の接触圧力を必要最小限に確保した上で非常に大きな過電流耐量性能を実現することができた。

3.2 伝熱・電磁界解析による有極電磁石の高効率化

車載分野では小型化に加え、耐衝撃・耐振動性が求められることから、富士電機の高電圧コンタクタは永久磁石を用いた有極電磁石を採用している。永久磁石は温度によって特性が大きく変化することから、温度と動作特性の相関を確認しておく必要がある。車載分野では使用温度が一般の産業分野に比べて非常に高いことから、産業用コンタクタに比べてより高温になりやすい。したがって、電磁石特性のシミュレーションを行う際は、電気、磁気特性の温度依存性を考慮することが予測精度を向上させる上で重要である。

今回の開発では、電気-伝熱解析で求めた高電圧コンタクタの温度を電磁界解析にフィードバックすることで、高温時の電磁石特性も評価できるようにした(図3)。

伝熱解析に関しては、解析モデルの予測精度の向上を行った。図4に、解析結果と実測による端子間抵抗と温度上昇の関係を示す。この結果を基に、温度に影響を与える主端子間抵抗や制御コイル電圧、抵抗などのばらつきを考慮した評価を行った。

最悪な条件が組み合わさった場合においても性能を満足することを確認するために、電磁石特性に影響を及ぼす制御コイルと永久磁石における最悪な温度を予測した。この温度結果を基に、制御コイルの電気抵抗と永久磁石の磁気

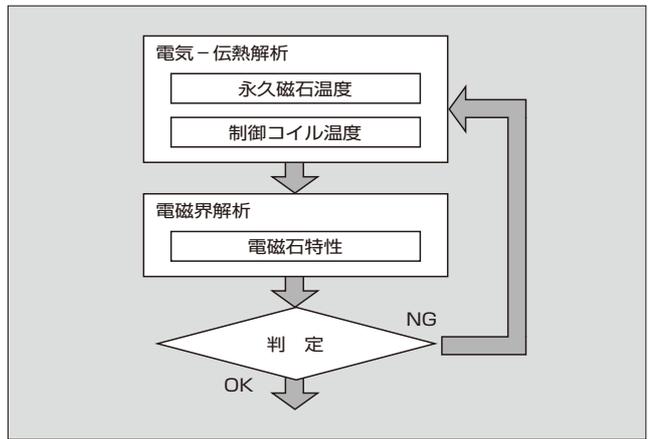


図3 高温時の電磁石特性の評価

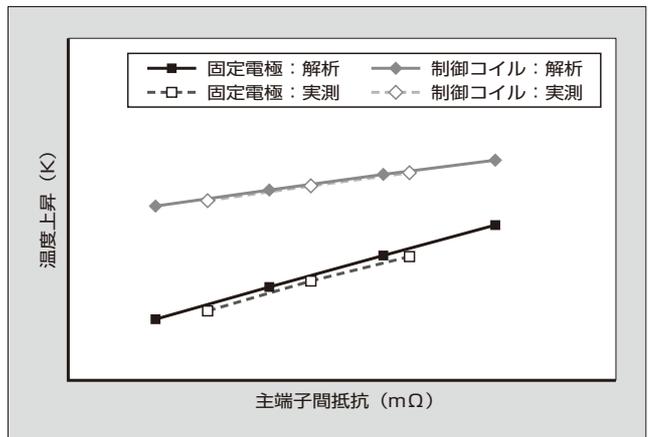


図4 端子間抵抗と温度上昇の関係

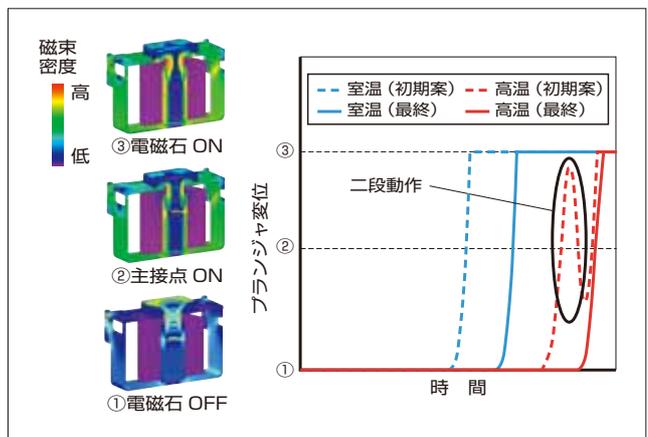


図5 電磁石部の磁束密度分布と動作特性

特性を電磁界解析で設定することで、高温時の電磁石特性を精度良く評価することができる。

図5に、室温時と高温時における電磁石部の磁束密度分布と動作特性を示す。初期案では、室温時には正常に動作しているが、高温時には吸引力不足により二段動作が発生し、正常に動作できないことがシミュレーション上で判明した。改善策を見いだすために磁束密度分布に着目し、磁気飽和状態であった固定フランジの磁路断面積の最適化を図った。その結果、高温時でも正常に動作できる高効率

電磁石を確立した。

3.3 振動解析による耐振動性の向上

一般に、産業用のコンタクトの共振周波数は100 Hz以上に設定すれば十分であるのに対して、車載の場合では200 Hz以上になるように設計する必要がある。共振周波数は、固有値解析により計算できる。しかし、固有値解析は原理的に材料の粘弾性などの非線形問題には対応できない。筐体(きょうたい)に使われている樹脂材料は粘弾性材料であり、成形時の樹脂配向、振動速度や振幅、温度依存などで弾性係数が変化するために予測が困難となる。今回の開発では、初期構造案の振動試験から共振周波数を確認し、その値が計算値と一致するようにヤング率を逆算することで精度向上を図った。

図6に、振動応答の比較を示す。図6(a)は初期構造案に、材料物性、減衰値を同定した上で振動応答を一致させたものである。構造変更に対しては振動モードの動きから対策を実施した。

最終構造案の結果は図6(b)となる。初期構造案に対してケースのリップ追加などの対策により固有振動数は240 Hzまで高くなり、耐振動性が増加したことが分かる。この結果は室温状態での特性であり、図7に示すように環境温度が変化した場合を考慮し、200 Hz以上に共振周波数が回避していることを確認することで最終構造を決定している。

このように樹脂材料の物性値を振動振幅や周波数に応じた確実に同定することで、より良い精度で振動応答を予測することができる。

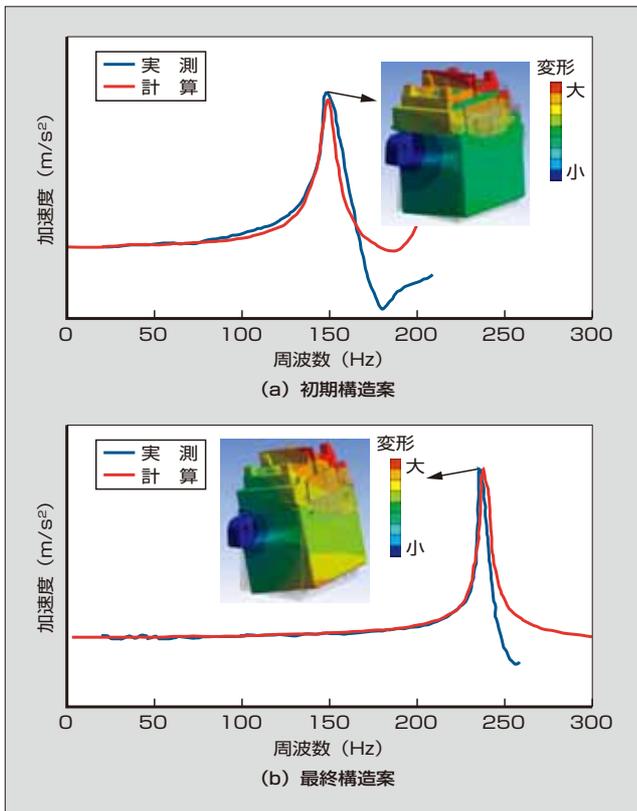


図6 振動応答の比較

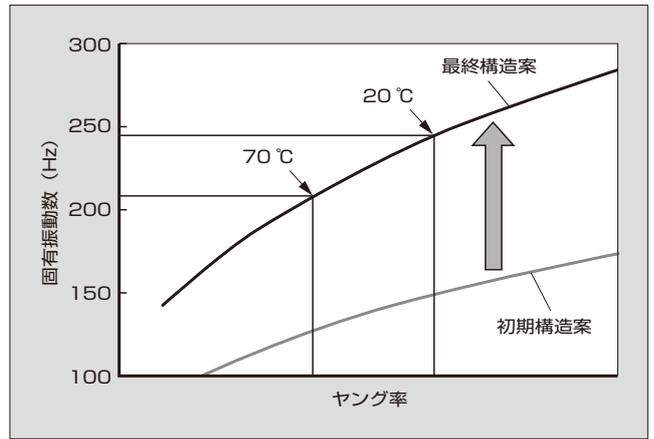


図7 ヤング率と固有振動数の関係

3.4 熱応力解析によるカプセル構造の高品質化

高電圧コンタクトでは、カプセル構造の気密性をいかに確保するかが重要な技術課題となる。

図8に、カプセル構造における電極の接合部を示す。このカプセル構造は、セラミックスや銅、鉄などの異なる材料から構成され、ろう付やレーザ溶接などで接合されている。このため、接合時に発生する残留応力による強度低下や破損、ヒートサイクルによる熱応力での疲労強度を事前に評価する必要がある。

接合部の強度評価に関しては、熱応力解析により接合部に発生する残留応力やヒートサイクルの応力振幅を計算することで疲労寿命の推定を行った。

熱応力解析では解析モデルを2段階に分けて計算した。最初のステップではろう付け接合時を模擬し、ろう材が固化する780°Cから25°Cまでの計算を行う。その後、その応力状態を維持したままカプセル下部の上面ヨークとフランジキャップのモデルを結合し、その状態でカプセル内に圧力を加えヒートサイクル時の温度の繰り返しを考慮した熱応力解析を行った。この一連の流れを連続して計算することで、残留応力を加味した状態での正確な応力振幅を得ることができる。図9に計算ステップと、その時のろう付け部における発生応力の計算例を示す。

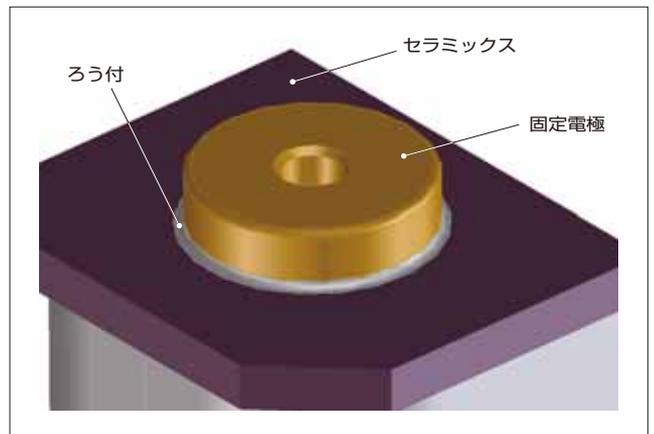


図8 カプセル構造における電極の接合部

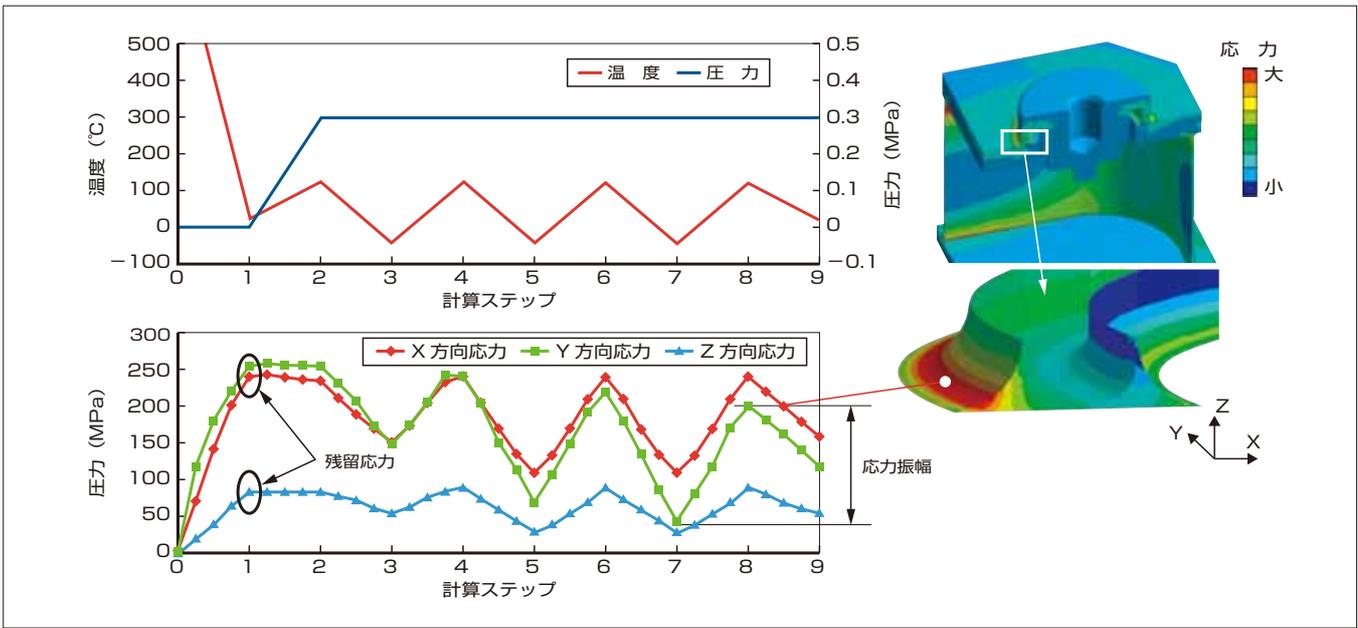


図9 熱応力解析結果例

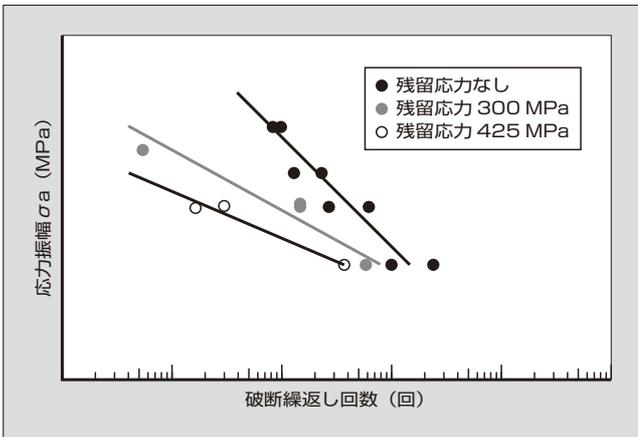


図10 ろう材のS-Nカーブ

寿命予測を行う上では解析で得られた残留応力、応力振幅とS-Nカーブとの比較が必要となる。ろう材のS-Nカーブについては、残留応力を加味した試験片を作成し、疲労試験によりデータを取得した(図10)。

この結果を基に解析で得られた残留応力、応力振幅が仕様で求められる破断繰返し回数を満足するかを判断した。

3.5 アーク解析による無極性遮断の実現

富士電機は、接点開閉時に発生するアーク挙動の検討に当たり、電磁場と熱流体を連成させたアークシミュレーション技術を開発し、これまでに多くの製品に適用している。

高電圧コンタクタはカプセル構造であるため、他の開閉機器と比べて内部のアーク観察が極めて困難である。測定で得られる情報はアーク電圧やアーク電流などに限られ、アークがどのような挙動になっているかを判断できない一面がある。

アーク解析では、永久磁石の外部磁場を含めた計算が可

能であり、接点の材料や内部ガスの特性、内壁の材料から発生するガスの影響などを含めて検討が可能である。さらに、アーク挙動を視覚的に判断できるので開発の初期段階で適用することで、遮断構造の方向性の決定に重要な役割を果たした。

高電圧コンタクタでは、永久磁石の磁場によってアークを引き伸ばすことでアーク電圧を上げて遮断を行っている。

図11は磁石配置とアークの伸長方向を示したものである。図11(a)の場合では永久磁石の磁束が並行となるために、フレミングの左手の法則に従い、左側の電極から入った電流はカプセルの左側の端に伸びることになる。しかし、逆向きに電流を流すとアークは中央にまで伸びてしまい、十分なアーク長を得ることができない。

富士電機では車載の急速充電回路にも対応するため、電流がどちらの方向に流れても遮断できるように図11(b)のような磁石配置を考案した。開発の初期段階では、これら

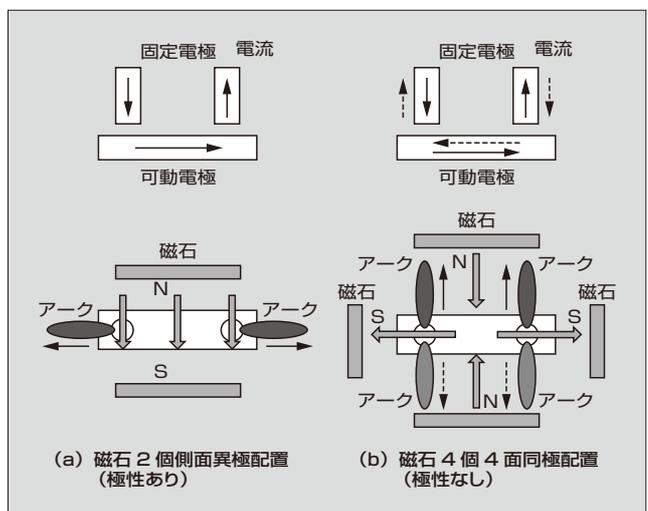


図11 磁石配置とアークの伸長

の磁石配置とアーク伸長がシミュレーションで再現できるかを確認した。図12は、図11(a)の磁石配置での遮断を解析したものである。実験で測定したアーク電圧、アーク電流とほぼ一致しており、シミュレーションがアーク挙動を再現できていることを確認した。

図13は、極性をなくすための図11(b)の原理をモデル化したものである。磁石配置に関しては電磁界解析により、磁束分布やベクトルから最適な配置の検討を行った。

図14に、無極性モデルのアーク解析結果を示す。計算結果は狙い通りのアーク長、アーク電圧になることが予測され、試作した実験結果では、ほぼ同等の特性を得た。

アーク解析ではアーク挙動を把握することができるため、図15に示すような電極形状の違いでアークの停滞に差ができることなどが判明した。さらに、蒸発ガスの挙動を見ることで、アークの再点弧の原因が金属蒸気の滞留の影響であることや、カプセル内部の空間を広げることで接点近傍の金属蒸気を拡散できること、また、外部磁場の強さや接点材料の違いにより初期のアーク速度に差が出ることなどが判明した。このようなシミュレーション結果を基に遮断構造の方向性を決定することで、無極性遮断を実現した。

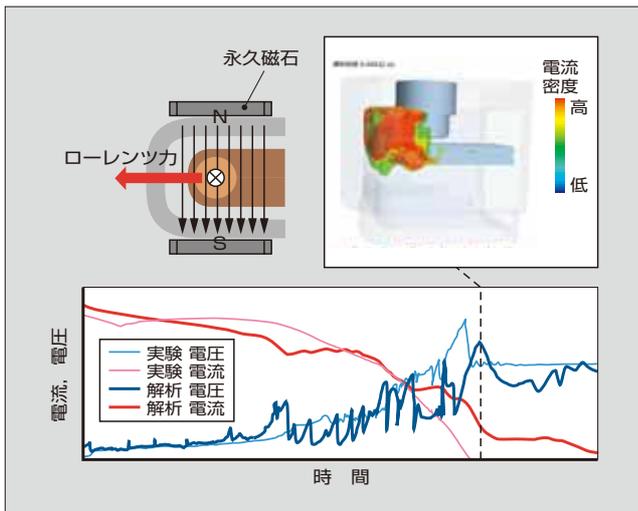


図12 平行磁場・極性ありにおけるアーク解析結果例

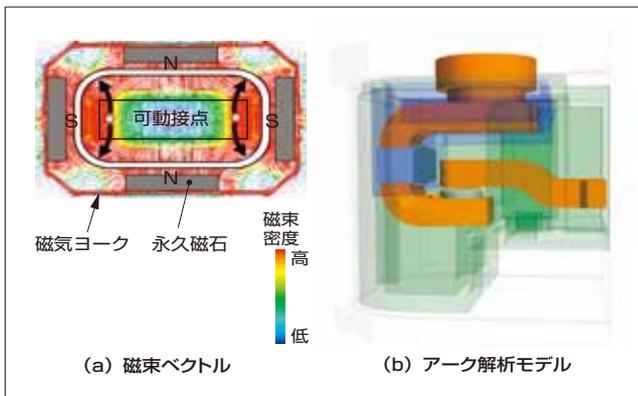


図13 無極性モデルのアーク解析モデル

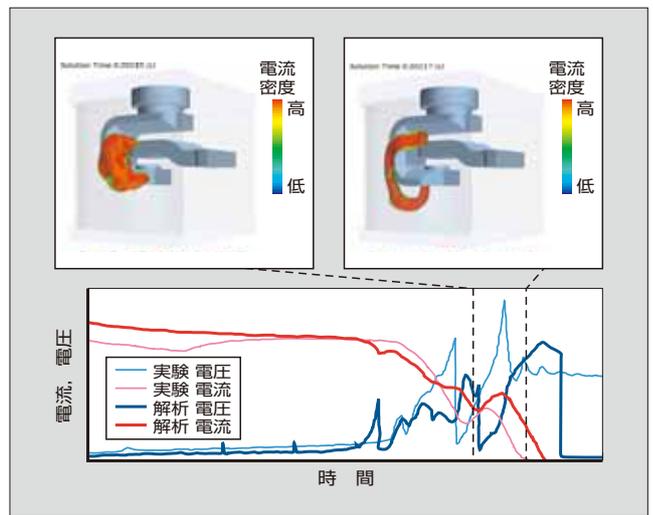


図14 無極性モデルのアーク解析結果例

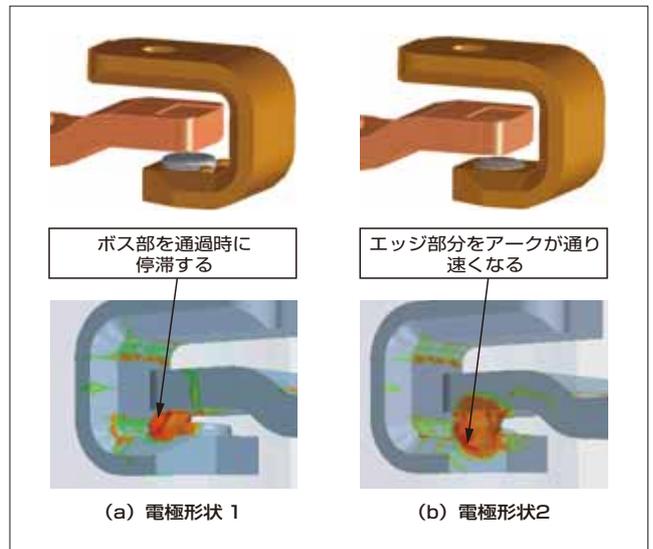


図15 電極形状の違いによるアーク挙動

4 あとがき

密閉型高電圧コンタクタの開発を支えるシミュレーション技術について述べた。代表的な事例の一端を述べたものであるが、実際の開発現場では解析主導の下、ほとんどの技術項目でシミュレーションを事前実施し、実現可能性の可否を判断してきた。この手法は設計開発にとどまらず、製造技術の分野にも適用されてきている。計算機やソフトウェアの高性能化は、多くの技術分野に対応できるようになってきたが、それでも、製品まるごとをシミュレーションで再現することは現実的ではない。ある特定の部分における現象を抜き出して計算することになるため、これを十分に理解した上でシミュレーションを利用することが重要であると考えられる。

今後も、より現実に即した結果を得られるシミュレーション技術を開発し、製品の性能や信頼性の向上に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 坂田昌良. 受配電・制御機器コンポーネントの設計を支えるシミュレーション技術. 富士時報. 2012, vol.85, no.2, p.169-174.
- (2) 坂田昌良, 榎並義晶. アークシミュレーション技術. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.3, p.216-221.



坂田 昌良

機械系シミュレーション技術の開発，製品適用に従事。現在，富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長。日本機械学会会員。



竹本 貴紀

機械系シミュレーション技術の開発，製品適用に従事。現在，富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部。



受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える材料技術

Materials Technologies Supporting Electric Distribution, Switching and Control Devices

原 永治 HARA, Eiji

吉澤 利之 YOSHIKAWA, Toshiyuki

小宅 美晃 OYAKE, Yoshiaki

さまざまな地域で使用される受配電・開閉・制御機器コンポーネントは、人体や環境に有害な特定有害物質の使用を制限する RoHS 指令への対応をはじめ、IEC, UL, CCC などの規格に適合することが求められる。富士電機は、特定有害物質の代替化を RoHS 指令の適用時期以前に完了し、2021 年 7 月から新たに使用が制限されるフタル酸エステルの代替材の開発に取り組んでいる。また、新製品には複雑な形状でも破損や剥がれの起きにくい絶縁コーティング材の開発や、生産性に優れた加工方法と材料の組合せなどにより、製品の小型化や省エネルギー化に加えて品質と性能の要求を達成した。

Electric distribution, switching and control devices, used in various regions of the world, are required to conform to the RoHS Directive, which restricts the use of specific hazardous substances that are harmful to the body and the environment, as well as other standards such as IEC, UL and CCC. Fuji Electric completed its substitution of specified hazardous materials before the effective date of the RoHS Directive. We are working to develop an alternative material for phthalic ester, which will have its usage restricted starting in July 2021. Furthermore, we have developed insulating coating materials that are less susceptible to cracking and peeling even when used in the complex shapes and have combined materials with processing methods that improve productivity. This allowed our new products to be compact, save energy, and meet quality and performance requirements.

1 まえがき

受配電・開閉・制御機器コンポーネントは、世界のさまざまな地域で使用されるため、グローバルな要求に対応することが必須となっている。2003 年に発効した RoHS 指令^(注)では、環境や人体に有害な化学物質が自然環境に暴露されないように製造段階で特定有害物質の使用を制限している。富士電機は、受配電・開閉・制御機器コンポーネントが使われる全ての産業分野で、RoHS 指令の適用時期に合わせて計画的な対応を実施している。さらに、IEC, UL, CCC などの各国の規格に適合させるとともに、省エネルギー化や省スペース化に対応する必要がある。

本稿では、近年の各国の規格における環境規制に対応するための材料技術と、製品の小型化に貢献する材料技術について述べる。

2 環境規制対応の材料技術

2.1 環境規制の動向

近年では化学物質の含有濃度を規制し、製品に含まれる有害化学物質を削減することが求められている。その一例として、図 1 に RoHS 指令のタイムスケジュールと富士電機の取組みを示す。

2006 年 7 月に施行された RoHS 指令では、AC1,000 V

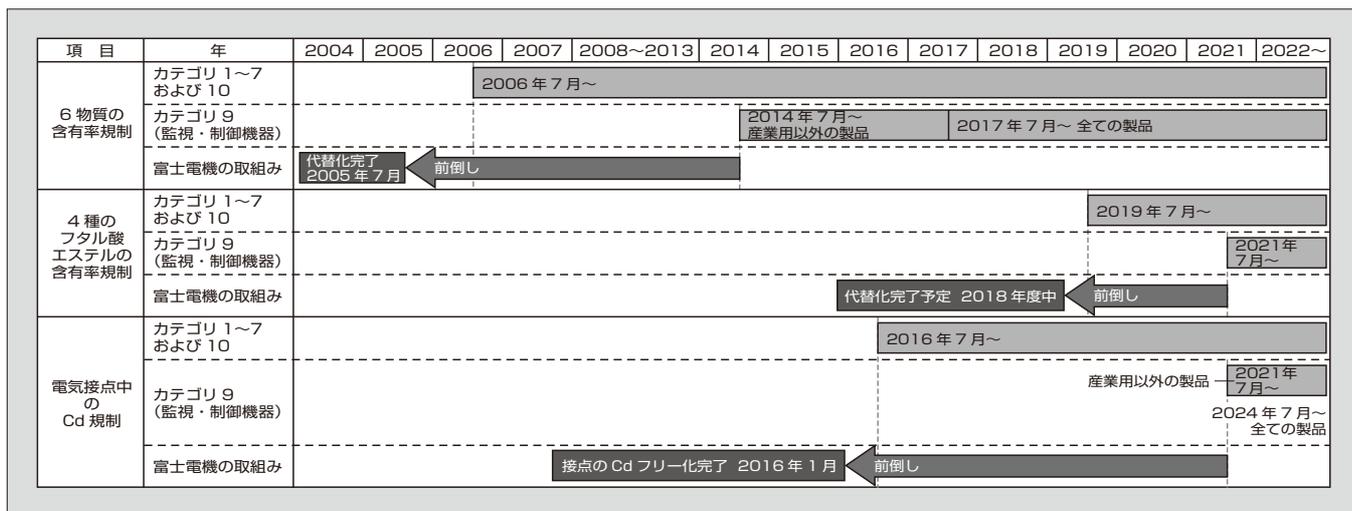


図 1 RoHS 指令のタイムスケジュールと富士電機の取組み

〈注〉 RoHS 指令：電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限についての EU（欧州連合）の指令

表1 フタル酸エステルの使用の可能性

フタル酸エステル 4種	電線 (PVC)	ゴム (NBR, CR, CSM)	塗料・接着剤・ 注型樹脂
DEHP	○	○	△
BBP	×	×	×
DBP	×	×	△
DIBP	×	×	×

○：可能性大，△：可能性小，×：可能性なし

および DC1,500 V を超えない範囲の電圧で使用される電気電子機器を 10 種類のカテゴリに分け、6 種類の特定有害物質の含有濃度を極めて低い指定値以下に抑えることが義務化された。6 種類の特定有害物質は、鉛 (Pb)、水銀 (Hg)、カドミウム (Cd)、六価クロム (Cr⁶⁺)、ポリ臭素化ビフェニル (PBB)、ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDE) である。

受配電・開閉・制御機器コンポーネントが含まれるカテゴリ 9 は、対象から外されていたが、2011 年 7 月の改正 RoHS 指令により、2014 年 7 月から適用対象製品となった。

2015 年 6 月には、生体にホルモン作用を起こしたり、逆にホルモン作用を阻害したりする可能性があるため、全てのカテゴリにおいて、4 種のフタル酸エステルが新たに制限物質に追加された。カテゴリ 1～7 および 10 が 2019 年 7 月から、カテゴリ 9 が 2021 年 7 月から 1,000 ppm 以下に含有濃度を抑えることが義務化される。この制限物質は、フタル酸ビス (2-エチルヘキシル) (DEHP)、フタル酸ブチルベンジル (BBP)、フタル酸ジブチル (DBP)、フタル酸ジイソブチル (DIBP) である。

なお、フタル酸エステルは、電線、ゴム、注型樹脂などに可塑剤として多く使用されている (表 1)。

また、適用除外用途として使用されてきた電気接点中の Cd については、カテゴリ 1～7 および 10 が 2016 年 7 月に、産業用以外のカテゴリ 9 が 2021 年 7 月 (産業用が 2024 年 7 月) に適用除外の有効期限が終了する。このため、接点中の Cd の代替技術開発を進め、2016 年 1 月に Cd フリー接点への切替えを完了した。

2.2 フタル酸エステルの代替材料技術

富士電機は、フタル酸エステルを部材に使用しているかどうかの確認を完了し、規制開始に前倒して 4 種のフタル酸エステルの代替に対応できるように取り組んでいる。フタル酸エステルは、表 2 に示す可塑剤としてゴム (NBR

表2 NBR ゴムのフタル酸エステル配合

種類	配合 (wt %)
原料ゴム	46
補強材 (カーボンブラック)	23
充填剤 (炭酸カルシウム)	23
可塑剤 (フタル酸エステル DEHP)	5
その他 (加硫剤ほか)	3

他) 部品や電線被覆などの塩化ビニル (PVC) に添加することで、ゴム弾性 (可とう性) を付与するという主目的の他に、次に示すように性質を向上させる役割がある。

- (a) 原料素材と相溶性が良い (分離抑制)
- (b) 加工性の向上 (流動性・低融点)
- (c) 環境性能 (耐熱性・耐寒性)
- (d) 電気絶縁特性

切替えに当たっては、可塑剤の変更やゴムの種類を変更した代替材料の選定と、クッション特性、温度特性、耐劣化性などの製品要求性能の定量評価を順次実施し、2018 年度中に対象製品への使用を全廃する予定である。

3 小型化に貢献する材料技術

3.1 電子式漏電遮断器「EX シリーズ」用コーティング材

(1) 背景

「EX シリーズ」では、配線用遮断器と同一外形サイズとすることで、設置面積を従来比で 30% 小型化している。そのため、図 2 に示すように導体形状の複雑化に加えて絶縁被膜の薄肉化 (0.4 mm) が要求される。しかも、端子締付け時に発生する応力に対応するための可とう性や、製品の異常過熱や火災に対する耐性を確保するため、難燃性 (自己消火性) などを持つ絶縁被覆 (コーティング材) が求められた。

複雑な形状の導体を絶縁被覆する上で、表 3 に示す要求値を全て満足する粉体エポキシコーティング材は市販材にはなかった。そこで、カップリング試験における押込み深

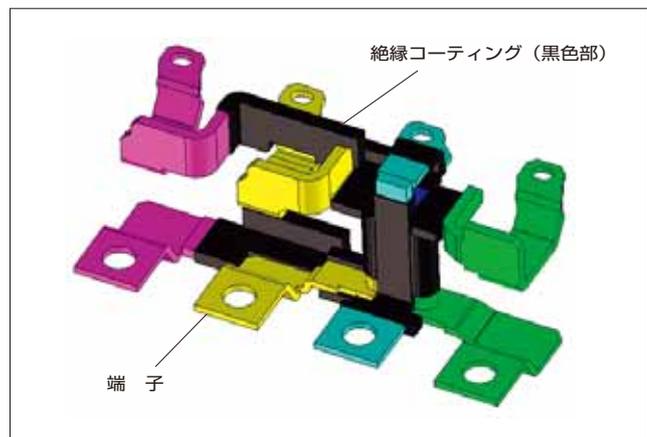


図2 EX250 導体構造および絶縁コーティング箇所

表3 製品要求性能

項目	要求値	市販材
耐電圧 (0.4 mm)	12 kV以上	17.8 kV
耐トラッキング値	175 V以上	200 V
カップリング試験 *	7 mm以上	1 mm
せん断接着強さ	20 MPa以上	13 MPa
難燃性 (自己消火性)	あり	あり
ヒートサイクル性	割れないこと	割れ発生

*カップリング試験における押込み深さ

さやヒートサイクル性などの要求性能を満たす材料を新たに開発した。

(2) 材料の可とう性の向上

図3に示すように、導体端子にねじを締め付けると絶縁コーティング部には大きな応力が発生する。応力により、破損や剥がれなどが懸念されるため、絶縁コーティング材には市販材より優れた可とう性が要求される。

そこで、材料開発においては材料メーカーの協力の下、分子構造の変更や有機添加剤の検討を行い、可とう性の向上を図った。

可とう性の評価指標には伸び率や弾性率、カップリング試験による押し込み深さなどがある。今回は、製品での端子ねじ締め付け破壊トルクの値と相関が見られるカップリング試験(図4)で、改善効果を確認することにした。図5にカップリング試験後のサンプルを示す。市販材では押し込み深さが要求値以下でクラックが発生したが、開発材では可とう性を向上させることで、カップリング試験の目標を達成する

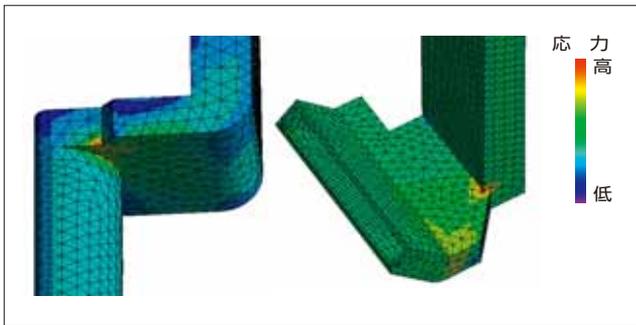


図3 端子締め付け時に発生する応力の解析結果例

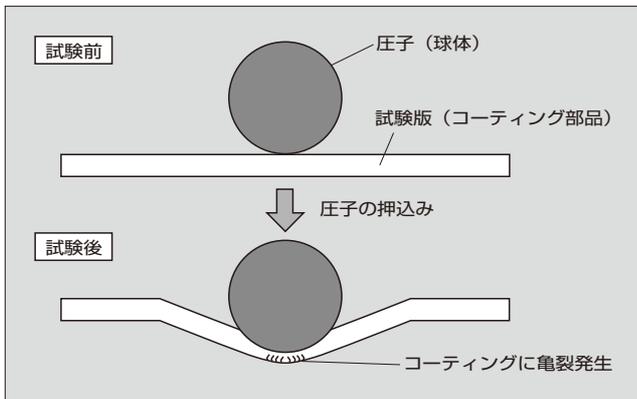


図4 カップリング試験

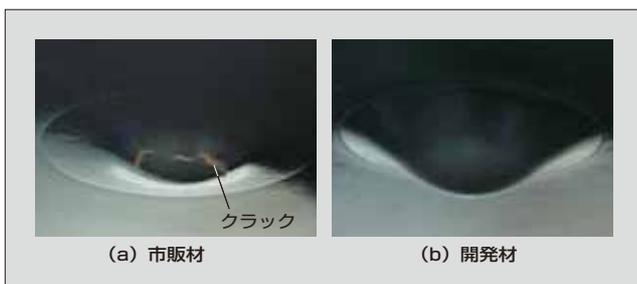


図5 カップリング試験後のサンプル

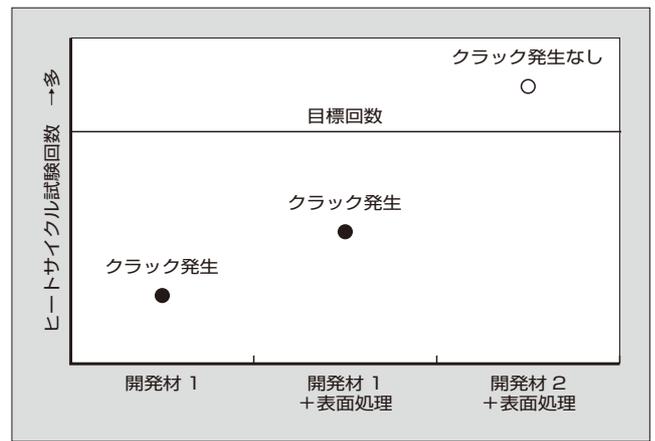


図6 ヒートサイクル試験結果

とともに、製品のねじ締め付け性能を満足することができた。

(3) 長期信頼性の確立

コーティング部の長期信頼性を保証するためには、20年間に相当するヒートサイクルに耐える必要がある。図6に、開発材および表面処理方法の違いによるヒートサイクル試験結果を示す。開発材2は開発材1を基に無機充填(じゅうてん)材の最適化(配合量・粒子)を行い、線膨張係数を市販材よりも約30%小さくし、導体(金属)の線膨張係数に近づけた。また、絶縁被覆部の割れはコーティング材と相手材との接着強度が大きく影響することから、接着力改善のための導体の表面処理方法を数種類検討した。このうち、効果が大きい表面処理と開発材2を組み合わせることにより、絶縁コーティングの長期信頼性を確保することができた。

3.2 12kV・24kV VCBの絶縁材料技術

(1) 背景

高圧真空遮断器(VCB)は、グローバル市場の要求であるIEC規格への対応や、小型化および安全性の向上への対応が必要である。しかし、これまでの高圧機器は絶縁材料として、熱硬化性樹脂のエポキシ真空注型品やBMC(Bulk Molding Compound)成形品を使用した気中絶縁構造を採用している。BMC管体(きょうたい)の絶縁性能を満足させようとすると、所定の空間距離が必要であり、小型化に限界があった。

(2) 極柱の自動加圧ゲルの成形加工

新製品の24kV VCBの開発では、IEC規格への対応の他に小型化が求められているため、主回路断路部をエポキシ樹脂で絶縁被覆する固体絶縁方式を採用した。これにより、従来品よりも容積比で約40%の小型化を実現した。また、従来のエポキシ真空注型では硬化に12時間以上を要し、生産上のボトルネックとなっていた。そこで、エポキシ樹脂の成形方法に生産性の優れる自動加圧ゲル化法を選択し、受注増加にも早急に対応できるようにした(表4)。

エポキシ樹脂は、成形する際に硬化により体積が収縮し、また成形後の冷却時にも収縮するため、線膨張係数の小さい樹脂を選定した(表5)。また、図7に示す真空バルブ

表4 高圧絶縁材料と成形加工方法

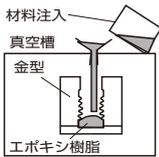
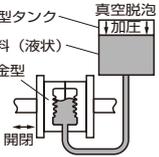
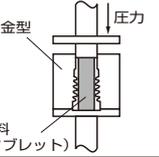
材 料	成形方法	耐電圧性能	生産性
エポキシ樹脂	真空注型 	30 kV以上	1～2個/日
	自動加圧ゲル化法 	20～30 kV	10～15個/日
BMC エポキシ樹脂	圧縮成形 	10～20 kV	30～40個/日



図8 極柱のX線透過写真

表5 固体絶縁用のエポキシ樹脂の要求特性と選定材の特性

特 性	要 求	測定値
曲げ強さ	100 MPa以上	133 MPa
高温強度 (60℃)	80 MPa以上	99 MPa
線膨張係数	10～40 ppm/K	30 ppm/K
耐電圧	15 kV/mm以上	20 kV/mm

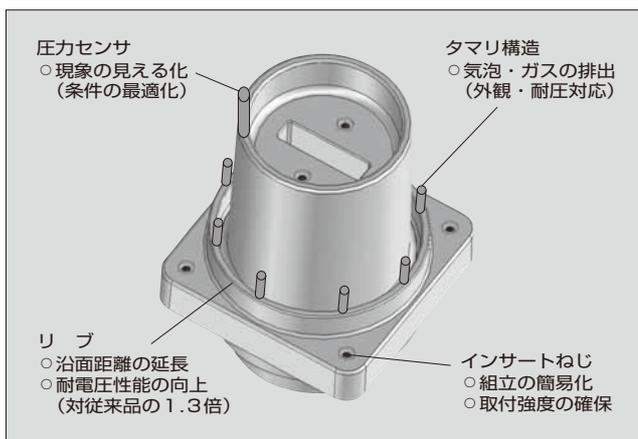


図9 12kV VCB用ブッシングの改善内容

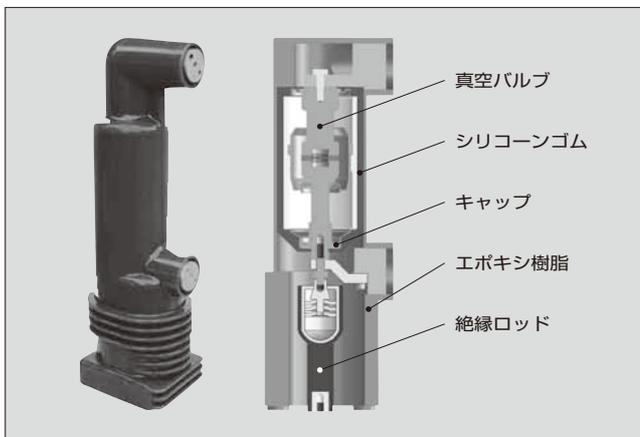


図7 24kV VCBの極柱構造

は、エポキシ樹脂の収縮の影響により、セラミック絶縁筒の破損や樹脂との界面剥離が発生する問題があった。そこで、真空バルブにはシリコンゴムで被覆し、セラミック絶縁筒への応力を緩和した。

(3) 高圧絶縁部品の評価技術

製品開発では、初期段階においては性能評価で品質のつくり込みを行い、最終段階の量産評価では安定したものつくりを推定している。

高圧絶縁部品の評価は、機械的な強度試験や電気的な商用周波耐電圧試験・雷インパルス耐電圧試験を実施している。また、市場環境を想定した高温での特性調査や長期使用後を想定した劣化評価（加熱・加湿・ヒートサイクル試

験）により、性能を検証している。

さらに、部品単品での性能調査のため、絶縁部品内部の観察に、X線透過システムやX線CTを用いて内部欠陥（気泡・亀裂）や機能異常部の非破壊検査を行っている（図8）。

(4) ブッシング部品のBMC成形加工

12kV VCB用ブッシング部品では、これまでエポキシ真空注型を使用していたが、使用材料をBMCに変更し、圧縮成形による生産性の向上に取り組んだ。

高圧絶縁部品の耐電圧性能のばらつきを少なくするためには、構造や金型の最適化が不可欠である。そこで、図9に示す施策を盛り込むとともに、圧力センサを金型内部に設置し、成形時の内部の変化を定量的に捉えることで、発生した外観不良や内部状態の見える化を図り、耐電圧性能の確保と外観品質の安定化を実現した。

4 あとがき

受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える材料技術について述べた。

今後も、環境規制に対応し、かつ、新製品の省エネルギー化と小型化に寄与する新規材料の開発を推進していくことで、お客さまの満足する製品の提供と社会環境の保護に貢献していく所存である。



原 永治

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの樹脂材料の研究開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長補佐。



小宅 美晃

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの樹脂材料の研究開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部。



吉澤 利之

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの樹脂材料の研究開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部主任。



受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える評価技術

Evaluation Technologies Supporting Electric Distribution, Switching and Control Devices

秦 淳一郎 HATA, Junichiro

野村 浩二 NOMURA, Koji

庄司 和樹 SHOJI, Kazuki

低圧から高圧まで、小電流から大電流までといった多種多様な仕様となる受配電・開閉・制御機器コンポーネントにおいて、市場の要求を満足する高い品質の製品を提供していくためには、開発工程においてさまざまな評価が必要となる。富士電機は、要素技術の評価、信頼性評価、ユーザ視点での評価、製品規格に基づく特性評価の四つの観点で、2014年12月に竣工したテクノラボを活用し、製品の信頼性向上と開発の効率化を可能としている。また、評価試験設備の充実を図り、低圧製品では日本で唯一のカスタマーラボ認定試験所としての認証を受けている。

Electric distribution, switching and control devices cover various specifications ranging from low voltage to high voltage and from small currents to large currents, and as such, various evaluations need to be made during the development process to ensure that high-quality products are offered that meet the needs of the market. Fuji Electric has been improving product reliability and development efficiency by making use of its Techno Lab, which was completed in December 2014, to carry out four types of evaluations, including evaluation of elemental technologies, evaluation of reliability, evaluation from the viewpoint of users and characteristic evaluation based on product standards. In addition, we are enhancing our evaluation testing facilities, and have received certification as Japan's only customer-lab accredited testing laboratory for low-voltage products.

1 まえがき

富士電機では、配線用遮断器や真空遮断器に代表される受配電機器、ならびに電磁開閉器やコマンドスイッチなどの開閉・制御機器をはじめとするさまざまな製品を取り扱っている。また、世界トップレベルの製品とするため、評価試験設備の充実を図り、低圧製品では日本で唯一のカスタマーラボ認定試験所としての認証を受けている。

本稿では、設備を効果的に活用し、お客さまの求める信頼性の高い製品を市場にタイムリーに提供するための評価技術について述べる。

2 評価による製品信頼性の向上

低圧から高圧まで、小電流から大電流までといった、多種多様な仕様の製品群を持つ富士電機では、それぞれにおける信頼性や耐久性能だけでなく遮断特性などの安全性について、市場の要求を満足する高い品質の製品を提供している。そのために、開発工程において次に示す四つの観点でさまざまな評価を行っている⁽¹⁾。

- (a) 製品の性能を決める因子を導き出し構造を検証する要素技術の評価
- (b) 使用環境を考慮した信頼性評価
- (c) 製品の使われ方を意識したユーザ視点での評価
- (d) IEC規格やUL規格に代表される製品規格に基づく特性評価

2.1 製品の評価技術の強化

新エネルギー用途やグローバル向けの新製品・新技術を効率よく創出するために、グローバルマザー開発拠点と位置付ける吹上地区に、平屋建て3,600m²の開発評価棟

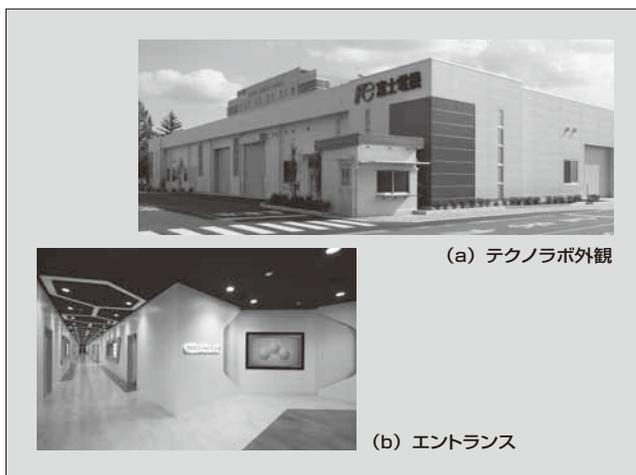


図1 テクノラボ外観およびエントランス

(TECHNO LAB: テクノラボ) を2014年12月に竣工した(図1)。チーム力をいっそう高めるため、開発設計部門、生産技術部門、品質保証部門が集結する建屋にテクノラボを隣接させた。さらに、評価設備の能力増強と評価の自動化を行い、製品の信頼性の向上と開発の効率化を可能としている。

また、先に運用しているショールーム(TECHNO WAVE FUKIAGE)から顧客をテクノラボに招き、試験エリアで運用している評価設備を紹介するとともに、実際の試作や試験の様子を通路やモニターから見学してもらっている。これにより、主要製品群と最先端技術を確認した上で、ものづくりの工程や評価過程の理解を深めることができ、顧客からの製品仕様や評価に対する要望を受ける場としている。

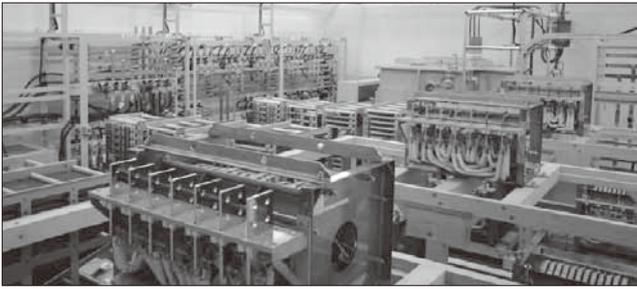


図2 直流高電圧 (DC1,500 V) に対応した遮断試験設備

2.2 製品ライフサイクル全体を考慮した評価の実現

テクノラボは、さまざまな開発工程の流れに即したレイアウトとしている。開発工程には、開発の初期段階におけるシミュレーションをはじめ、製品を構成する素材の新規開発から評価を行う材料研究、その選定材料を実際に活用したさまざまな試作品の製作、通常使用時や極限使用時における動作や性能の確認、実使用を考慮した長期の信頼性評価、さらには、事故を想定した安全性評価がある。

また、国内外の新エネルギー発電関連設備やデータセンター関連設備などで要求の高まっている、直流高電圧 (DC1,500 V) に対応した遮断試験設備 (図2)、ならびに実際の環境条件を模擬することが可能な自動試験装置の増強を行っている。さらに、高圧製品における基本特性、機械的耐久性、絶縁性能などの評価を一つのエリアで行うことができる。

前述のことから、市場の動向やニーズを的確に捉えた製品開発に貢献できる設備が集結しており、製品ライフサイクル全体を考慮した評価検証が実践できる。

3 評価の高度化

3.1 品質工学手法による製品最適化

実際の製品試作段階に移行する前の開発初期段階において、構成部品の形状や寸法などの設計で考慮すべき制御因子を明らかにするため、シミュレーションを活用した品質工学を適用している。適用事例として、真空バルブの構造最適化について述べる。

真空中で電極を開閉する真空バルブは、高圧真空遮断器 (VCB) における重要な部品の一つである。まず、バルブの真空中のアーク制御に必要な最適磁束密度の分布を得るために、シミュレーションを活用した品質工学におけるパラメータ設計を適用し、部品形状などの設計緒元を求めた。次に、試作品の磁束密度を測定し、シミュレーションの妥当性を確認した。真空中のアークの形態・挙動を可視化するためのアークチャンバを製作し、アーク挙動を高速ビデオカメラにて観測するとともに、電圧や電流などの電気的な特性を測定し、バルブの設計完成度を高めている。図3に、アークチャンバの外観および接点部の模擬図を示す。

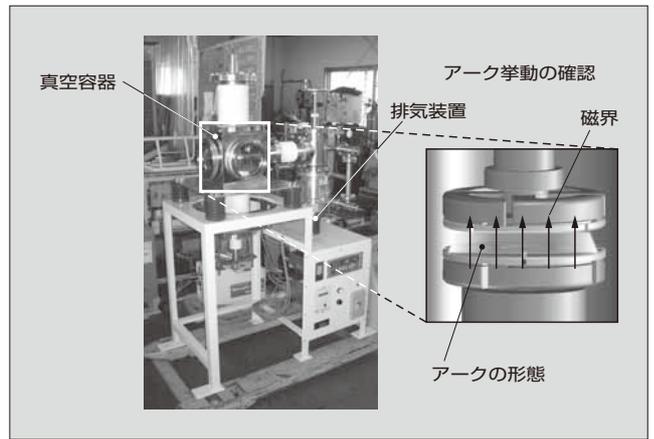


図3 アークチャンバの外観および接点部の模擬図

3.2 自動試験による長期信頼性の検証

IEC規格では、電磁接触器における従来の一般的な使用負荷種別として、電動機の直入れ (AC-3) とインチング (AC-4) が分類されている (図4)。

AC-3では、電動機の始動時に定格電流の6倍の突入電流が流れ、その後の定格電流を遮断できればよい。一方、AC-4では、電動機の始動時に流れる定格電流の6倍の突入電流を遮断する必要がある。

電磁接触器に関するIEC規格の見直し (試験電流の変更) の動きがあり、新たな規格にも対応できるように、テクノラボ設立に伴って電気的耐久性試験設備をリニューアルし、220 V、440 V、690 Vで定格電流9~800 Aの試験を可能とした。

また、設備のリニューアルに併せて、電圧や電流など電気的特性の波形自動取得装置を導入した。電磁接触器は、AC-3では100~200万回という長寿命が要求され、試験期間も1~2か月を要する。電気的耐久性試験中に記録した全ての開閉波形の中から不具合時の開閉波形を抽出し解析することで、原因の究明および対策につなげている。また、電気的耐久性試験中に取り込んだ波形から電磁接触器の接点消耗に影響するアークエネルギーなどの計算、および記録を自動化した。これにより、図5に示すように開閉

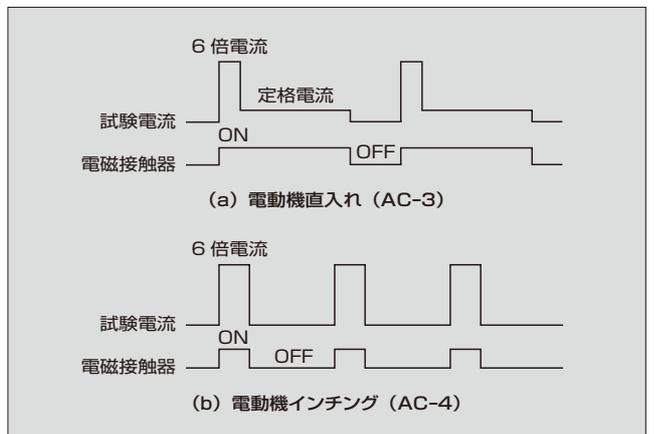


図4 電磁接触器の一般的な使用負荷種別

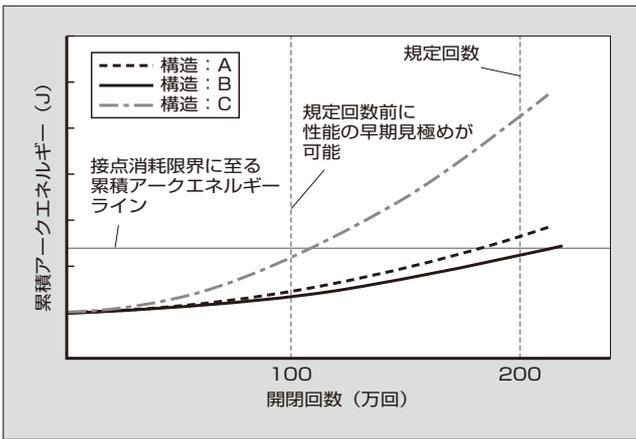


図5 電磁接触器 AC-3 (投入・遮断) の累積アークエネルギー

回数によるアークエネルギーの変化を捉え、製品の正常な開閉状態であるかどうかを確認することができ、性能検証の精度が向上した。また、波形自動取得装置の導入により、電気的耐久性試験中の異常発生の兆候を早期に見つけることができるようになった。さらに、形状など設計制御因子を振った条件での比較評価時には、電磁接触器の投入・遮断のデータと関連付けを行い、形状変更の有意差を明確化している。

波形自動取得装置を活用することにより、開閉の規定回数に至る前に、アークエネルギーのデータを基に接点の消耗による寿命を予測することが可能となり、電磁接触器における開発品の電気的耐久性や信頼性の向上を図っている。

3.3 加速評価の適用事例

電磁接触器の用途の一つに、エレベータなどに用いられている電磁ブレーキを作動させるコイルの開閉がある。

電磁ブレーキは、非常停止時を含めかごを所定の位置に停止し、保持する働きと、点検・修理のときにかごを保持する働きを持つ装置である。電磁接触器を実機の昇降機に搭載して行う開閉試験では、装置全体の発熱や機械的開閉などの限度により試験頻度を早めることが難しく、寿命試験に約6か月を要してしまう。そこで、開閉性能の評価を短期間に行う必要があり、次に述べる加速評価試験を実施した。

まず、実際の電磁ブレーキ用コイルを入手し、実機と同等の回路構成で、電圧と電流の波形を取得した。実際の電磁ブレーキは全波整流で電磁接触器を投入し、その後、半波整流に変わる制御を行うが、加速評価試験では全波整流のままの厳しい条件とした(図6)。実波形を基に、模擬負荷(リアクタンスおよび抵抗)にて、時定数、電流を合わせ込み、同等の回路条件を再現することで電磁接触器の性能検証を可能にした。

この代替評価試験により、実使用における開閉寿命の把握をした上で、模擬負荷であることから開閉頻度を実使用时より高くすることにより、期間として50%短縮となる3か月で完了し、顧客の求める製品を早期に提供すること

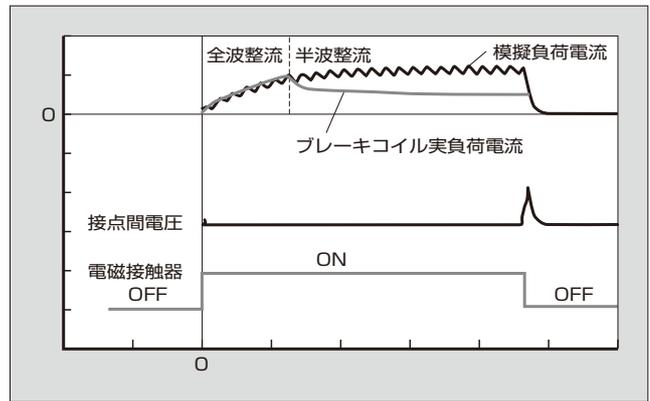


図6 実負荷と模擬負荷の波形比較

ができた。

3.4 規格認証取得における管理体制の確立

受配電・開閉・制御機器コンポーネントは、受配電盤や操作・制御盤および工作機械盤などさまざまな条件で使用されることから、多くの規格が関連している。

規格を満足した信頼性の高い製品をタイムリーに提供するためには、ISO 17025 に準拠した管理と、IEC 規格および UL 規格の要求試験を自社で実施できる試験体制を構築し、規格認証取得の短期間化を図る必要がある。

(1) ISO 17025 に準拠した試験所の管理体制の確立

ISO 17025 は、試験所および校正機関の能力に関する一般要求事項の国際標準規格である。この要求事項をベースとした、UL 規格の CTDP (Client Test Data Program) 制度に参加するために 2011 年に管理体制を確立している。

この管理体制に基づいて、現在開発中の「EX シリーズ」が IEC 規格認証を受けるために、第三者機関である TÜV (デュフラインランド) の CTF (顧客試験設備認定試験所) 登録に取り組んだ。電気機器・部品適合性試験認証制度である IECEE CB 制度へのテクノラボの登録を完了し、2016 年には CB テストレポートが発行できる管理体制が整った(図7)。

これにより、規格認証取得までの期間が大幅に短縮可能になるとともに、今後の各機種の製品開発においても



図7 IECEE CB スキーム登録認証書

IECEE CB 制度を適用した認証が可能となる。さらには、低圧製品では日本で唯一のカスタマーラボ認定試験所として TÜV に評価技術が認められたことにより、富士電機の評価技術の高さが裏付けられた。

IECEE CB 登録に向けた管理体制の確立のために、取り組んだ内容について述べる。

ISO 17025 に準拠した管理とするためには、試験所の管理体制を基準化する必要がある。既に構築している UL 規格に準拠した試験所の基準と共通化するため、12 件の個別管理基準書をまとめた。これらの基準書には、組織体系や試験業務フローから文書・記録、重要消耗品の管理（トレーサビリティ含む）、規格対応試験設備や計量器のリスト化、規格要求に基づく計量器認定校正が実現可能な手順に至るまで、さまざまな管理項目を明確に定めている。

さらには、規格に裏付けられた試験が誰でも正確に行えるよう、機種ごとに次に示す試験手順書を作成し、ISO 17025 に準拠した試験所の管理体制を構築した。

- (a) IEC 60947-1（一般要求事項）
- (b) IEC 60947-2（配線用遮断器・漏電遮断器）
- (c) IEC 60947-3（開閉器・断路器）
- (d) IEC 60947-4-1（電磁開閉器）
- (e) IEC 60947-5-1（コマンドスイッチ・補助装置）

(2) 認定試験所としての維持と発展

今後は、年 1 回の認証機関による定期監査（アポイントメントラボ）を受けながら、認定試験所としての維持・発展を図っていく。今回は、ステージ II（WMT）での認証を受けたが、ステージ III（SMT）やステージ IV（RMT）へのバージョンアップを目指している（表 1）。

表 1 CB スキームの試験所の種類

ステージ	試験所の種類	正式名称	報告書受入れ方法	対応範囲
I	TMP	Testing at Manufacturer's Premises	CBTL (CB試験所) の人がメーカーの設備で試験を行う	主に計量器・設備の管理
II	WMT	Witnessed Manufacturer's Testing	CB 試験所の人 がメーカーで立会い試験を行う	ISO17025 に準じて管理 (管理・評価)
III	SMT	Supervised Manufacturer's Testing	国家認証機関の監督の下、メーカーの試験所で試験を行う	ISO17025 に準じて管理 (管理・評価)
IV	RMT	Recognized Manufacturer's Testing	ISO/IEC17025認定試験所での試験結果を受け入れる	ISO17025 に準じて管理 (管理・評価)

■: 今回認証

これからの市場動向とともに新技術を取り入れた新製品開発の推進が予想されるが、常に評価技術をレベルアップし、規格認定試験として認められる高信頼性評価技術を身につけていくことで、高度な認定試験所の実現を図っていく。

4 あとがき

本稿では、受配電・開閉・制御機器コンポーネントを支える評価技術について述べた。

今後は、これまで以上にお客さまのニーズに沿い、高信頼性と高品質の製品を市場にタイムリーに提供するため、現有設備をさらに効率良く運用して開発効率の向上を図っていく。また、評価技術者が積極的にお客さまと会話をすることにより、市場の声を収集し、それらを製品仕様や評価内容・基準に盛り込むことで、お客さまにとって安全・安心で、より使いやすい製品を目指した製品開発評価を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 宮沢秀和ほか. 受配電・開閉・制御機器コンポーネントの製品評価. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.3, p.206-210.



秦 淳一郎

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの開発・評価に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長。電気学会会員、電気設備学会会員。



野村 浩二

制御機器コンポーネントの開発・評価に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長補佐。



庄司 和樹

電磁開閉器の開発・評価に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発本部技術開発部課長補佐。

車載用第4世代ハイサイド型 IPS 「F5112H」

“F5112H,” 4th-Generation High-Side IPS for Automotive Applications

張 艶争* ZHANG, Yanzheng

豊田 善昭* TOYODA, Yoshiaki

森澤 由香* MORISAWA, Yuka

近年、自動車の電子制御化に伴って電装システムの大規模化が進み、搭載する半導体への高信頼性、高機能化、低消費電流の要求が高まっている。

エンジンやトランスミッション、ブレーキなどの電装システムには、IPS (Intelligent Power Switch) が使われている。この IPS は、出力段のパワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) と制御・保護回路を同一のチップ上に集積化したものであり、電源側に半導体デバイスを、グランド側に負荷を配置するハイサイド型 IPS と、この配置を逆にしたローサイド型 IPS がある。電装システムには、大規模化が進む中で高い安全性が必要であり、高度な冗長性が求められている。これまでは、バッテリーと電装システムをつなぐスイッチには、接点リレーや保護機能なしの単体 MOSFET が主に用いられていた。しかし、接点リレーは耐久性が半導体ほど高くなく、また、単体の MOSFET には、電装システムに異常が発生した際に自己保護がかけられないという課題があった。

これに対して、富士電機のハイサイド型 IPS は、自己保護機能とともに状態出力端子を備えているので、電装システムの異常時に瞬時に保護をかけることができ、かつ異常であることをマイコン (CPU) に伝達してシステムの冗長性を高めるための制御に反映することができる。バッテリーと電装システムをつなぐアプリケーションでは、バッテリーの消費を抑える必要があるため、従来品よりも消費電流を低減した車載用第4世代ハイサイド型 IPS 「F5112H」を開発した。

1 製品概要

図1に、F5112Hの外観、外形図および端子配列を示す。第4世代IPSのデバイス技術やプロセス技術^{(1),(2)}によって、出力段パワーMOSFETを従来のプレーナゲートMOSFETからトレンチゲートMOSFETに変更した。また、回路部は要素デバイス自体の微細化に加え、多層配線技術を適用することで、チップ面積を削減した。さら

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部自動車電装技術部

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部開発統括部デバイス開発部

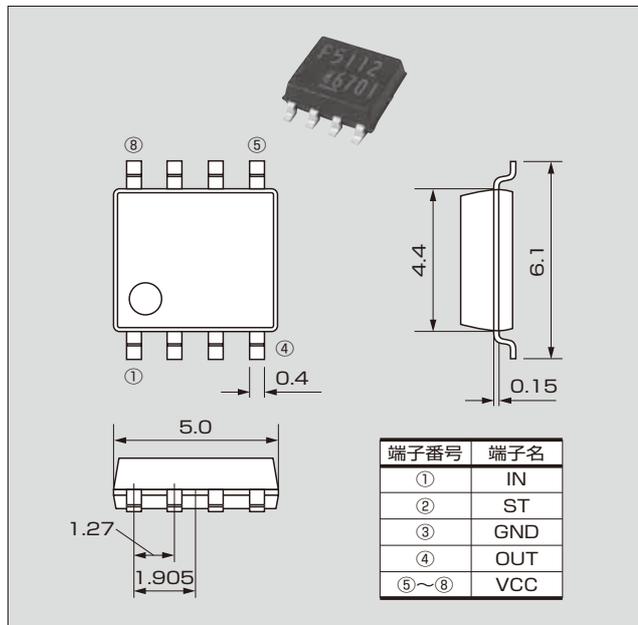


図1 「F5112H」の外観・外形図・端子配列

に、従来品と比較して消費電流を大幅に低減 (対従来品比93%減) した。

2 特性

F5112Hの回路ブロック図を図2に、内部電源回路図を図3に、絶対最大定格を表1に、電気的特性を表2に示す。また、次の機能を搭載している。

- (a) 過熱・過電流・負荷短絡保護機能
- (b) 低電源電圧動作保証 (4.5 V以上)

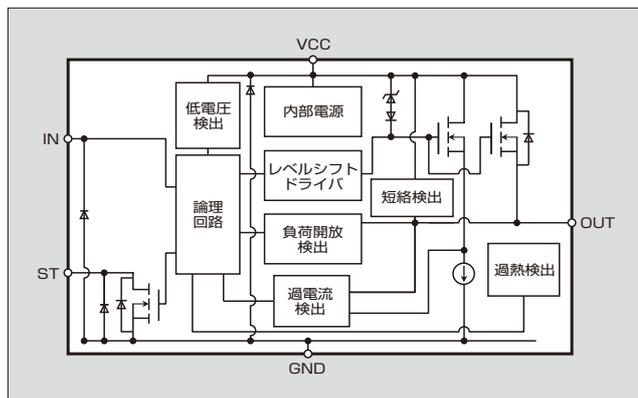


図2 「F5112H」の回路ブロック図

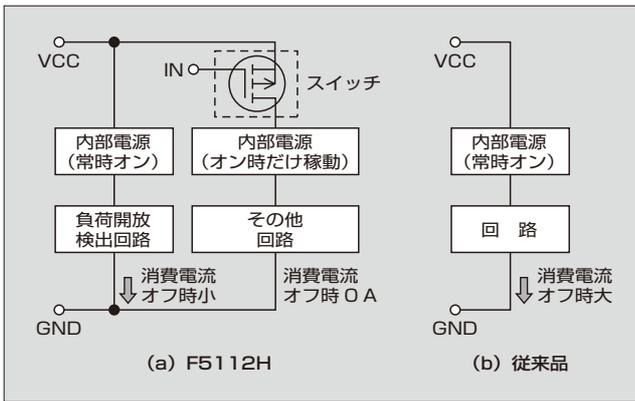


図3 「F5112H」の内部電源回路図

表1 「F5112H」の絶対最大定格

項目	記号	条件	定格
電源電圧 (V)	$V_{cc(1)}$	Pulse 250ms	50
	$V_{cc(2)}$	DC	-0.3~+35
出力電流 (A)	I_D	DC, 内部制限値による	2
消費電力 (W)	P_D	DC, *	2
入力電圧 (V)	$V_{IN(1)}$	DC, $R_{IN}=0\Omega$	-0.3
	$V_{IN(2)}$	DC	7
入力電流 (mA)	I_{IN}	DC	±10
ステータス電圧 (V)	$V_{ST(1)}$	DC, $R_{ST}=0\Omega$	-0.3
	$V_{ST(2)}$	DC	7
ステータス電流 (mA)	I_{ST}	DC	±10
L負荷耐量 (mJ)	E_{cl}	$T_j=150^\circ\text{C}, V_{cc}=13\text{V}, V_{IN}=5\text{V}, L=50\text{mH},$ Single pulse, $dV_{OUT}/dt \leq 5\text{V}/\mu\text{s}$	25
接合部温度 (°C)	T_j	—	175
保存温度 (°C)	T_{stg}	—	-55~+175

* ガラスエポキシ4層基板 (10×5×1.2 (mm)) 実装時

- (c) L 負荷クランプ機能
- (d) 負荷状態出力端子 (ST)
- (e) 負荷開放検出機能

F5112Hは、消費電流の最大値を従来品の3mAから200μAに低減している。図3に示すように、従来品はIN信号の状態に関係なく、VCC端子にバッテリーが接続されると全ての内部電源が動作する設計となっていた。F5112Hでは、IN信号がオフのときに負荷開放検出回路以外は内部電源が動作しないように電源切断用スイッチを設けた。これにより、バッテリーと電装システムをつなぐアプリケーションの要求である消費電流の低減を実現した。

表2 「F5112H」の電気的特性

項目	記号	条件	規格値	
			最小	最大
動作電源電圧 (V)	V_{cc}	$T_j=-40\sim+175^\circ\text{C}$	4.5	16
低電圧検出 (V)	UV_1	$V_{IN}=5\text{V}$	2	4.3
低電圧復帰 (V)	UV_2	$V_{IN}=5\text{V}$	2.2	4.5
消費電流 (静止電源電流) (mA)	$I_{cc(L)1}$	$R_L=10\Omega, V_{IN}=0\text{V}$	—	0.2
	$I_{cc(L)2}$	OUTオープン $V_{IN}=0\text{V}$	—	0.2
動作電源電流 (mA)	$I_{cc(H)}$	$V_{IN}=5\text{V}, R_L=1\text{k}\Omega$	—	5
入力スレッシュホールド電圧 (V)	$V_{IN(H)}$	$V_{cc}=4.5\sim16\text{V}, R_L=10\Omega$	3.0	—
	$V_{IN(L)}$	$R_L=10\Omega$	—	1.5
入力電流 (μA)	$I_{IN(H)}$	$V_{IN}=5\text{V}$	5	70
	$I_{IN(L)}$	$V_{IN}=0\text{V}$	-10	10
オン抵抗 (Ω)	$R_{DS(on)}$	$I_L=1.5\text{A}, T_j=25^\circ\text{C}$	—	0.12
		$I_L=1.5\text{A}, T_j=175^\circ\text{C}$	—	0.27
出力リーク電流 (mA)	I_{OH}	$V_{OUT}=V_{cc}, V_{IN}=0\text{V}$	—	2
	I_{OL}	$V_{OUT}=0\text{V}, V_{IN}=0\text{V}$	-0.24	—
過電流検出 (A)	I_{OC}	$V_{cc}=13\text{V}, V_{IN}=5\text{V}$	2	7
過電流モード下ピーク電流 (A)	$PeakI$	$V_{cc}=13\text{V}, V_{IN}=5\text{V}$	—	45
過電流モード下周期 (ms)	Per		—	3
過電流モード下デューティ (%)	$Duty$		—	20
過熱検出 (検出) (°C)	T_{trip1}	$V_{IN}=5\text{V}$	—	207
過熱検出 (復帰) (°C)	T_{trip2}		175	—
オン時伝達遅延時間 (μs)	t_{ACCON}	$V_{cc}=13\text{V}, R_L=10\Omega, V_{IN}=5\text{V}-0\text{V}$	—	140
オフ時伝達遅延時間 (μs)	t_{ACCOFF}		—	140
ターンオン時間 (μs)	t_r		—	200
ターンオフ時間 (μs)	t_f		—	100
ステータス電圧Lレベル (V)	$V_{ST(L)}$	$V_{IN}=0\text{V}, R_L=10\Omega, I_{st}=0.6\text{mA}$	—	0.5
ステータスリーク電流 (μA)	I_{STleak}	$V_{IN}=5\text{V}, R_L=10\Omega, V_{st}=7\text{V}$	—	10
ステータスディレイ (μs)	$t_{ST(on)}$	$V_{cc}=13\text{V}, R_L=10\Omega, V_{IN}=5\text{V}-0\text{V}, V_{st}=5\text{V}$	—	200
	$t_{ST(off)}$		—	200
L負荷クランプ電圧 (V)	V_{clamp}	$V_{IN}=0\text{V}, I_L=1.0\text{A}, L=10\text{mH}$	-(50~ $-V_{cc}$)	-(60~ $-V_{cc}$)
負荷開放検出電圧 (V)	V_{OIH}	$V_{IN}=0\text{V}, V_{ST}=L\rightarrow H$	4	—
負荷開放復帰電圧 (V)	V_{OIL}	$V_{IN}=0\text{V}, V_{ST}=H\rightarrow L$	—	1.6

参考文献

- (1) 鳶坂浩志ほか. 車載用第4世代IPS「F5100シリーズ」. 富士電機技報. 2012, vol.85, no.6, p.440-444.
- (2) Toyoda, Y. et al. “60 V-Class Power IC Technology for an Intelligent Power Switch with an Integrated Trench MOSFET”. ISPSD 2013, p.147-150.

発売時期

2016年6月

お問い合わせ先

富士電機株式会社
電子デバイス事業本部事業統括部自動車電装技術部スマートパワーデバイス課
電話 (0263) 28-8718



DFN8×8 パッケージの「Super J MOS S2 シリーズ」 「Super J MOS S2FD シリーズ」

“Super J MOS S2 Series” and “Super J MOS S2FD Series” with DFN 8×8 Package

島藤 貴行* SHIMATO, Takayuki

渡邊 荘太* WATANABE, Sota

安田 貴弘* YASUDA, Yoshihiro

発展途上国を中心とした世界の人口増加や中国を中心とした経済発展、ならびに近年のIT革新に伴う情報量の増大により、エネルギー消費は増加の一途をたどっている。限られたエネルギー資源を有効に利用するために、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの活用と併せて、各種の電源を高効率化することによる省エネルギー化が必要である。対象となるものは、通信電源や電気自動車の充電ステーションなどの産業向けからTVなどの一般家庭向けまでさまざまなものが挙げられる。これらの電源の電力変換部に用いられている半導体スイッチング素子として、特に小型化が要求される中容量以下の機器には高周波動作が可能なパワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) が採用されることが多い。これらの電源の高効率化と小型化のためには、電力変換部の主要部品である、パワー MOSFET の低損失・小型化が必要不可欠である。

1 製品系列と主要特性

富士電機は、パワー MOSFET の損失を改善するために従来のプレーナ型 MOSFET に替え、スーパージャンクション構造を採用した第2世代低損失 SJ-MOSFET

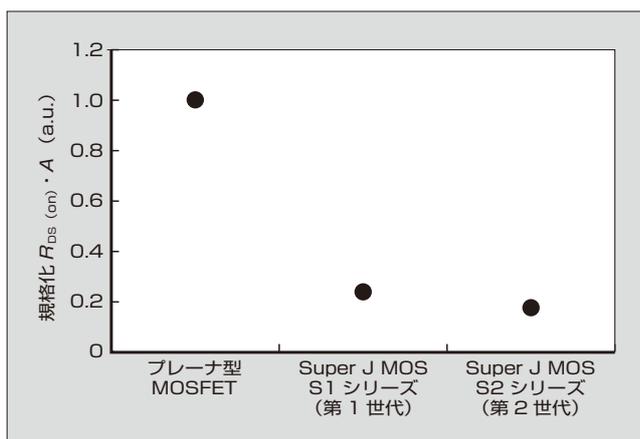


図1 パワー MOSFET の $R_{on} \cdot A$ 性能のトレンド (600V 耐圧クラス)

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部産業ディスクリート部

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部生産統括部半導体組立センター製造技術部

表1 DFN8×8 パッケージの製品系列と主要特性

シリーズ名称	型式	オン抵抗 $R_{DS(on)} \text{ max.}$ (mΩ)	耐圧 V_{DS} (V)
Super J MOS S2 シリーズ	FML60N090S2	90	600
	FML60N101S2	101	
	FML60N111S2	111	
	FML60N138S2	138	
	FML60N174S2	174	
	FML60N200S2	200	
Super J MOS S2FD シリーズ	FML60N093S2FD	93	600
	FML60N104S2FD	104	
	FML60N115S2FD	115	
	FML60N143S2FD	143	
	FML60N179S2FD	179	

「Super J MOS シリーズ」を提供してきた。図1に、パワー MOSFET の規格化 $R_{DS(on)} \cdot A$ 性能のトレンドを示す。600V 耐圧クラスの単位面積で規格化されたオン抵抗 $R_{DS(on)} \cdot A$ は世代を追うごとに改善され、低くなってきている。

電力変換部の小型化に対応するために、最新シリーズの「Super J MOS S2 シリーズ」(S2 シリーズ) および S2 シリーズの寄生ダイオードを高速化した「Super J MOS S2FD シリーズ」(S2FD シリーズ) において、従来の D2-PACK パッケージよりも小型で薄型の面実装タイプの DFN (Dual Flat Nonlead) 8×8 パッケージに搭載した製品を系列化し、サンプル展開を開始した。これらの製品系列と主要特性を、表1に示す。

2 特徴

2.1 小型・薄型

図2に、DFN8×8 パッケージと従来の標準的な面実装パッケージである D2-PACK パッケージの外観を示す。また、DFN8×8 パッケージ品の主な特徴を次に示す。

- (a) 実装面積：58% 低減
- (b) パッケージ高さ：81% 低減
- (c) パッケージ体積：92% 低減

表2に、単位実装面積当たりと単位実装体積当たりのオン抵抗を示す。DFN8×8 パッケージ品は、最小オン抵抗が大きいものの、D2-PACK 品に対して単位実装面積

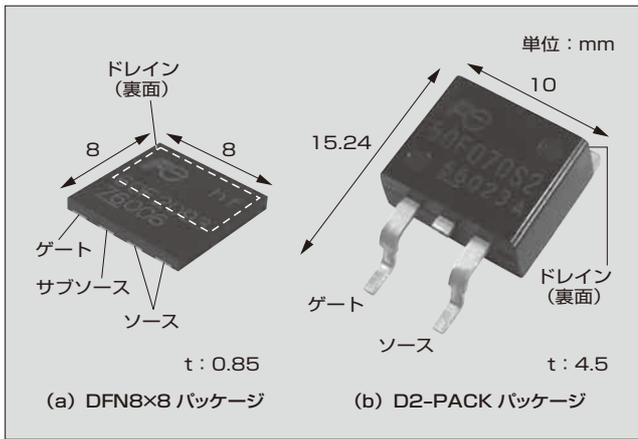


図2 パッケージの外観

表2 単位実装面積当たりと単位実装体積当たりのオン抵抗

パッケージ	搭載可能な 最小オン抵抗 $R_{DS(on)}$	単位実装面積 当たりのオン抵抗 $R_{DS(on)(max)} \cdot S$	単位実装体積 当たりのオン抵抗 $R_{DS(on)(max)} \cdot V$
	Ω	$\Omega \cdot \text{mm}^2$	$\Omega \cdot \text{mm}^3$
DFN8×8	0.090	5.76	4.90
D2-PACK	0.079	12.04	54.18
低減率	—	52.2%	91.0%

当たりのオン抵抗は52.2%低減，単位実装体積当たりのオン抵抗は91.0%低減している。これにより，電源の小型・高電力密度化に対応しているパッケージであることが分かる。

2.2 低スイッチング損失

図3に，DFN8×8パッケージ品と標準的な3端子パッケージ品（TO-220，D2-PACKなど）のゲートドライブ回路を示す。標準的な3端子パッケージ品では，パッケージ内部のリードインダクタンスやソース基板配線インダクタンスなどのインダクタンス L_s がゲートドライブ回路に含まれる構成となるため，MOSFETのスイッチング動作時にはドレイン電流の時間変化 dI_d/dt によって L_s に発生する逆起電力がゲートドライブ回路に影響を与える。この逆起電力は，MOSFETのターンオン時にはゲート電圧を押し下げる方向に作用し，ターンオフ時にはゲート電圧を押し上げる方向に作用する。そのためスイッチング時間を遅延させ，スイッチング損失低減および高周波化の障害となっている。

一方，DFN8×8パッケージ品ではサブソース端子を設けることで， L_s をゲートドライブ回路から分離し， L_s に発生する逆起電力の影響を取り除くことができる。これにより，スイッチング時間の短縮によりスイッチング損失を低減し高周波化することができる。

図4と図5に，チョッパ回路を用いてDFN8×8パッケージ品と3端子パッケージ品とのターンオン損失およびターンオフ損失のゲート抵抗依存性を比較した結果を示す。測定素子には，DFN8×8パッケージ品として

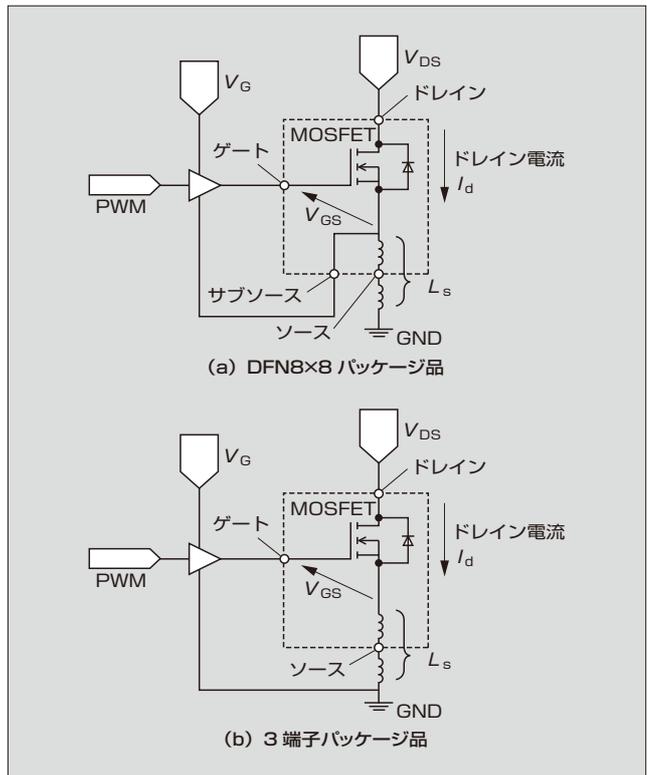


図3 DFN8×8パッケージ品と3端子パッケージ品のドライブ回路

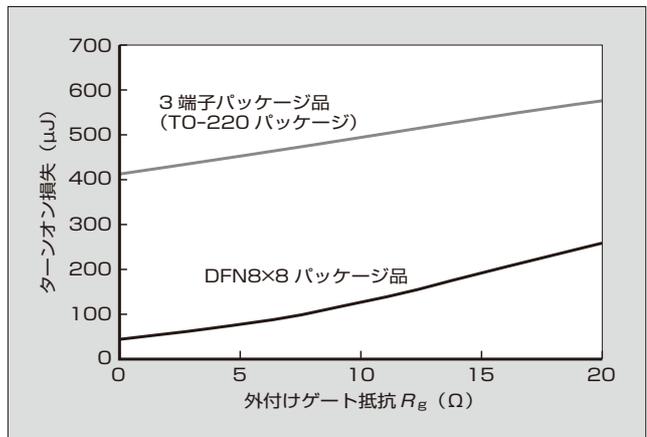


図4 ターンオン損失

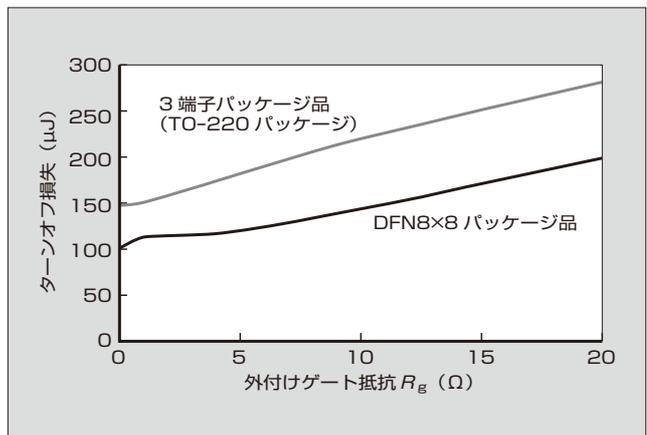


図5 ターンオフ損失

「FML60N143S2FD」(600 V, 143 m Ω) を、3 端子パッケージ品として TO-220 パッケージの「FMP133S2FD」(600 V, 133 m Ω) を使用した。測定条件は、 $V_{DD}=400$ V, $I_D=20$ A, $V_G=10$ V としている。

DFN8×8 パッケージ品は、外付けゲート抵抗 0~20 Ω の全範囲においてターンオン損失およびターンオフ損失が大幅に改善されている。外付けゲート抵抗 10 Ω において、ターンオン損失が 75% の低減、ターンオフ損失が 35% の低減となっている。

発売時期

2017年10月

お問い合わせ先

富士電機株式会社

電子デバイス事業本部営業統括部営業第一部

電話 (03) 5435-7152



略語（本号で使った主な略語）

BEMS	Building Energy Management System	ビルエネルギーマネジメントシステム
BMC	Bulk Molding Compound	
CT	Computed Tomography	
CT	Current Transformer	変流器
DFN	Dual Flat Nonlead	
ELCB	Earth Leakage Circuit Breaker	漏電遮断器
EV	Electric Vehicle	電気自動車
HVC	High Voltage Contactor	高電圧コンタクタ
HMI	Human Machine Interface	
IPS	Intelligent Power Switch	
IoT	Internet of Things	
LED	Light Emitting Diode	発光ダイオード
LBS	Load Break Switch	高圧交流負荷開閉器
LAN	Local Area Network	
MMS	Manual Motor Starter	マニュアルモータスタータ
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor	
MCCB	Molded-Case Circuit-Breaker	配線用遮断器
ZEB	Net Zero Energy Building	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナ
RMT	Recognized Manufacturer's Testing	
SMT	Supervised Manufacturer's Testing	
TMP	Testing at Manufacturer's Premises	
USB	Universal Serial Bus	
VCB	Vacuum Circuit-Breaker	真空遮断器
V2H	Vehicle to Home	
WMT	Witnessed Manufacturer's Testing	
ZCT	Zero phase sequence Current Transformer	零相変流器

商標（本号に記載した主な商標または登録商標）

Ethernet	富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標
Excel	Microsoft Corporation の商標または登録商標
Internet Explorer	Microsoft Corporation の商標または登録商標
Linux	Linus Torvalds 氏の日本およびその他の国における商標または登録商標
MODBUS	Schneider Automation, Inc. の商標または登録商標
Windows	Microsoft Corporation の商標または登録商標

その他の会社名，製品名は，それぞれの会社の商標または登録商標である。

訂正：富士電機技報. 2017, vol.90, no.2, p.75. (3)

(正)

(3) 必要なユーティリティは電源のみであり，冷水や冷却水は不要である。

(誤)

(3) 必要なユーティリティは電源のみであり，冷媒や冷却水は不要である。

主要事業内容

パワーエレクトロニクス

●エネルギーソリューション

確かな技術で電力インフラを支え、エネルギーの安定供給、最適化、安定化に貢献します。

エネルギーマネジメント

FEMS, 新電力流通, スマートメータ

変電システム・電力変電

産業変電, 鉄道地上変電, 産業電源設備

電源システム・無停電電源装置 (UPS)

パワーコンディショナ (PCS), データセンター, 配電盤

器具

受配電, 制御機器

●インダストリーソリューション

パワーエレクトロニクス応用製品に計測機器, IoT を組み合わせ、工場の自動化や見える化により、生産性の向上と省エネを実現します。

ファクトリーオートメーション

インバータ, FA コンポーネント, FA システム, 回転機

プロセスオートメーション

駆動制御システム, 計測制御システム, 工業電熱

環境・社会ソリューション

計測機器・センサ, 放射線管理システム, 植物工場, 物流システム, 輸送システム

IT ソリューション・情報システム

情報システム

発電

高度なプラントエンジニアリング力で、高効率かつ環境にやさしいクリーンエネルギーを供給する各種発電プラント設備を通じて、拡大する電力需要にお応えします。

発電プラント

火力・地熱発電設備, 水力発電設備

新エネルギー

太陽光発電システム, 風力発電システム, 燃料電池

電子デバイス

産業・新エネルギー分野, 自動車分野といった分野において、パワーエレクトロニクスのキーデバイスであるパワー半導体を提供し、高効率化や省エネ化に貢献します。

半導体

パワー半導体

ディスク媒体

食品流通

コア技術である冷熱技術に、メカトロニクス技術やIoT を組み合わせ、食品流通分野における最適な商材とソリューションを提供することにより、食の安全・安心に貢献します。

自販機

飲料・食品自動販売機

店舗流通

店舗設備機器, 金銭機器, エネルギー管理システム

次号予定

富士電機技報 第90巻 第4号

特集 エネルギーマネジメントに貢献するパワー半導体

富士電機技報企画委員会

企画委員長	近藤 史郎				
企画委員幹事	吉田 隆				
企画委員	荻野 慎次	斎藤 哲哉	片桐 源一	濱村 昌己	
	奥田 善久	鈴木 智宏	熊谷 明恭	久野 宏仁	
	吉田 隆	橋本 親	眞下 真弓	大山 和則	
特集委員	吉田 隆				
事務局	木村 基	小野寺拓也	小野 直樹	山本 亮太	
	柳下 修				

富士電機技報 第90巻 第3号

平成 29 年 11 月 18 日 印刷 平成 29 年 11 月 28 日 発行

編集兼発行人	近藤 史郎
発行所	富士電機株式会社 技術開発本部 〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号 (ゲートシティ大崎イーストタワー)
編集・印刷	富士オフィス&ライフサービス株式会社内 「富士電機技報」編集室 〒191-8502 東京都日野市富士町1番地 電話 (042) 585-6965 FAX (042) 585-6539
発売元	株式会社オーム社 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03) 3233-0641 振替口座 東京 6-20018
定価	756 円 (本体 700 円・送料別)

* 本誌に掲載されている論文を含め、創刊からのアーカイブスは下記 URL で利用できます。

富士電機技報 (和文) http://www.fujielectric.co.jp/about/company/contents_02_03.html

FUJI ELECTRIC REVIEW (英文) <http://www.fujielectric.com/company/tech/contents3.html>

* 本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。

© 2017 Fuji Electric Co., Ltd. Printed in Japan (禁無断転載)

富士電機のIoTソリューション

Small, Quick Start & Spiral-up

フィールドデバイスと解析・最適化技術を活かし、
お客様にとっての新たな価値を創出します。



Small, Quick

素早く始めるIoTで着実な効果を、

フィールドデバイスと解析・ お客様にとっての

ライフサイクルにわたる「エネルギーマネジメント」「オペレーション最適化」「設備管理」を

お客様にとっての
新たな価値

エネルギー利用の最適化

- エネルギーコスト削減
- エネルギー原単位削減
- 環境負荷低減

操業の最適化

- 生産性向上
(L/T短縮、品質向上、歩留り改善)
- プロセス異常回避
- 熟練操業技術の継承

解析
最適化技術

診断・分析

何が起きているか、
何が原因かをデータから読み取る

予測

今後何が起ころか、
将来の数値はどうなるかを予測する

インターネット / LAN

現場でデータを収集

工場や店舗の設備・機器に接続したフィールド機器で
必要なデータを収集し、ネットワークを介して蓄積

現場へフィードバック

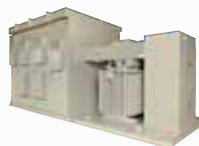
改善・革新のための情報・制御
安全・安心のための情報・提案

フィールド
デバイス

ゲートウェイ組込型 フィールド機器



無停電電源装置



太陽光発電用
パワーコンディショナ

計測・制御機器



情報・プロセス制御システム
(MICREX-NX)



中小規模監視制御システム
(MICREX-View XX)

エッジコントローラ



データ収集コントローラ



プログラマブル表示器



プログラマブル
コントローラ
(MICREX-SX)

汎用フィールド機器



汎用インバータ



サーボ

Start & Spiral-up

そして継続的な拡充へ。

最適化技術(CPS※エンジン)を活かし、 新たな価値を創出します。

コアに垂直統合型のサービスを提供

設備運用の最適化

- 不測のダウンタイムゼロ化
- メンテナンスコスト削減
- 熟練保守技術の継承
- 労働時間の削減

最適化

何が最適か、
どうすればいいかを導き出す



店舗統合コントローラ



エネルギーデータ収集・コントローラ

センサ



コンパクト
マルチ計測ユニット



無線振動センサ



ストリング監視
ユニット

フィールドデバイスを活用した水平連携により、
パートナー各社とのエコシステムを構築

エコシステム

- 環境汚染改善ソリューション
- 食品流通スマートサービス
- 老朽インフラ診断ソリューション

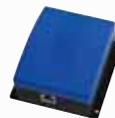
富士電機



パートナー各社



エアロゾル
複合分析計



インフラ
感振センサ



最新IT連携自販機
(サイネージ自販機)

【IoTソリューション一覧】

ソリューション分類	IoTソリューションメニュー	適用業種						
		工場機械	ビル施設 IDC	エネルギー エネルギー流通	物流 食品流通 農業	小売り	自治体 行政	
垂直統合型	エネルギー利用の最適化	工場／ビル／施設向けエネルギー管理支援サービス	○	○				
		電力小売り事業向け需給管理システム			○			
		スマートメータ活用遠隔検針サービス			○			
		店舗向け総合設備管理サービス					○	
	操業の最適化	太陽光発電遠隔監視＆メンテナンスサービス			○			
	設備運用の最適化	設備管理支援サービス(メンテナンスステーション)	○					
		無線式回転機振動監視システム(Wiserot)	○					
		受変電設備総合診断サービス	○					
		異常兆候監視サービス	○					
		クラウド型蓄電池診断サービス		○				
		太陽光発電遠隔監視＆メンテナンスサービス			○			
		店舗向け総合設備管理サービス					○	
		ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ	○	○	○			
	エコシステム	デジタルサイネージ自販機クラウドサービス					○	
WALKOOL遠隔監視サービス					○			
環境放射線監視サービス							○	
構造ヘルスマニタリングシステム			○					

【Quick startの鍵となる技術】

技術分類	導入手段	概要
解析・最適化	多変量統計的プロセス管理(MSPC)ツール	お客様現場での実績豊富な、診断・分析ツール
エッジコントローラ	データ収集コントローラ(FITSAΣ)	様々なフィールド機器のデータを簡単に収集、クラウドへ転送
	エネルギーデータ収集コントローラ(F-MPC Webユニット)	エネルギーデータを簡単に収集、電力監視・省エネ制御を実現

⚠ 安全に関するご注意

*ご使用前に、「取扱説明書」や「仕様書」などをよくお読みいただき、当社またはお買上の販売店にご相談のうえ、正しくご使用ください。
*取扱いは当該分野の専門の技術者を有する人が行ってください。

FE 富士電機株式会社

本社 〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号(ゲートシティ大崎イースタワー)
http://www.fujielectric.co.jp

技術開発本部
イノベーション創出センター IoTプロジェクト室
〒191-8502 東京都日野市富士町1
TEL : 042-514-8246
E-Mail : iot-solution@fujielectric.com

●特約店

IoTソリューション

工場 / 機械

ビル / 施設 / IDC

工場・ビル・施設向け エネルギー管理支援サービス

エネルギー需給の「見える化」と最適制御で省エネをサポート。

当社が長年培ったパワエレ技術・センシング技術・ICT技術を組み合わせ、工場・ビル・マンション等の省エネや、エネルギー供給と需要の最適化制御を実現するソリューションです。

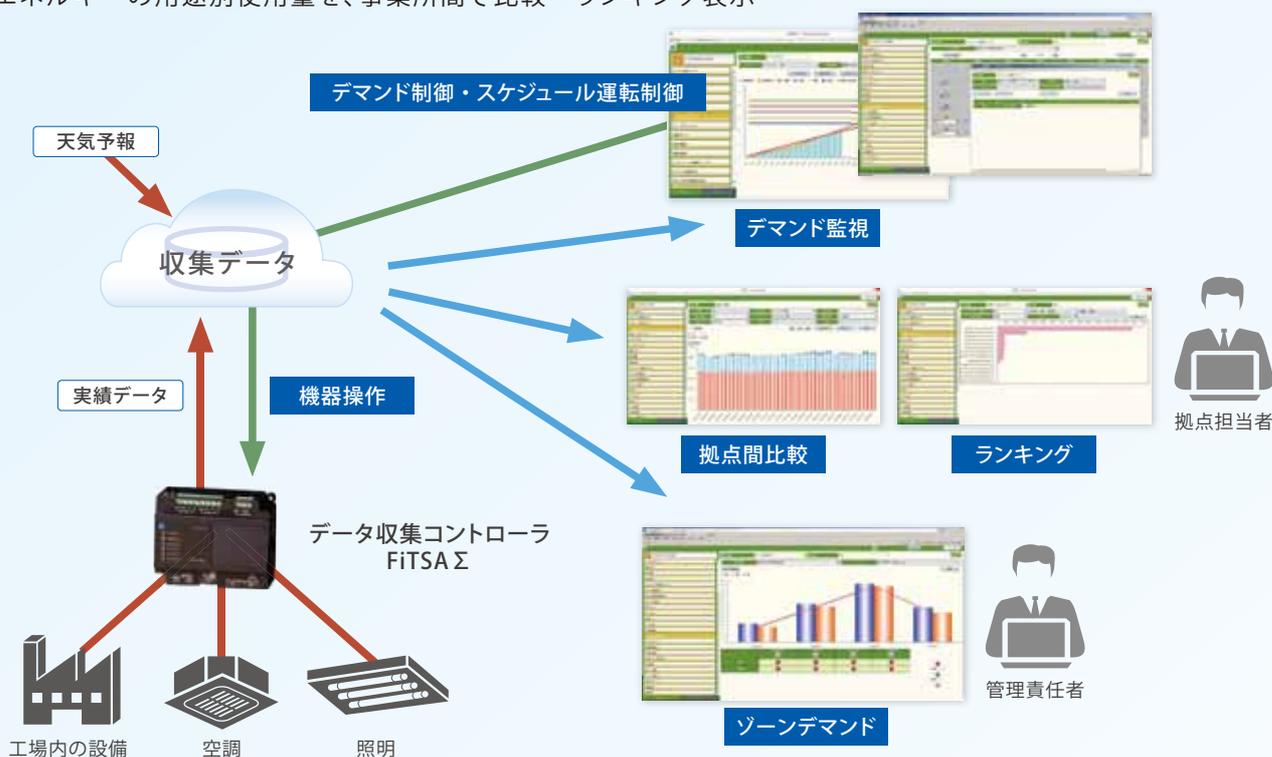
【導入によるメリット】

- ✓ 工場全体のエネルギーコストを5～7%※削減
- ✓ 初期導入費を抑えてエネルギー管理システム(EMS)の導入が可能
- ✓ 企業・工場全体のエネルギー統合管理が可能

※効果は、規模や導入設備により異なります。

【システムの特長】

- デマンド制御やスケジュール運転制御で四季を通じた省エネを実現
- 過去のデータからデマンドを予測し、目標電力を自動設定
- エネルギーの用途別使用量を、事業所間で比較・ランキング表示

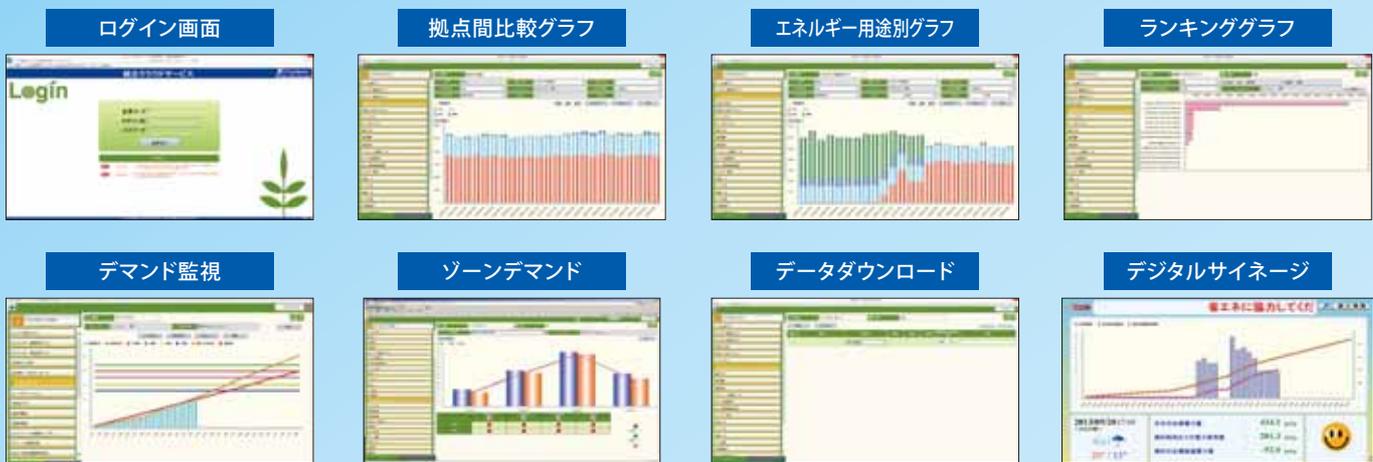


【機能概要】

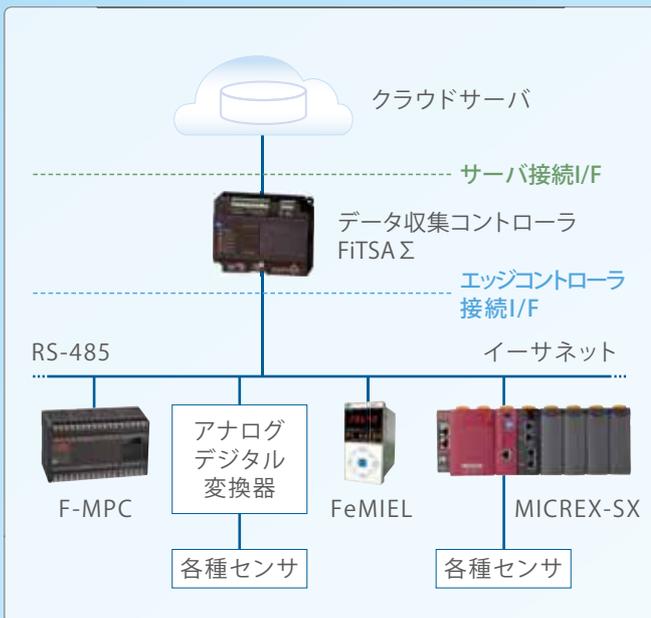
機能	概要
データ分析支援サービス	計測データの自動収集・保管およびエネルギー分析支援画面の提供
報告レポート発行サービス	お客様にてExcel帳票のダウンロード(日報・月報・年報)が可能
省エネ分析サービス	年に2回、エネルギー利用実績の簡易診断、省エネアドバイスを実施
デマンド監視サービス	あらかじめ設定した閾値に従い、デマンド警告・異常アラームを通知
デマンド制御サービス	あらかじめ設定した閾値・制御ルールに従い、空調や照明等を自動制御
需要予測ゾーンデマンドサービス	実績値による需要予測を行い、実績値ベースで警報通知
デジタルサイネージサービス	参加型EMSを支援する情報配信機能、大型モニターへの表示機能

【導入事例】

- 工場内の各設備にセンサを取り付けて運転データを取り込み、エネルギー使用量を計測し「見える化・分かる化」を実現しています。
- 最適な運転状態をシミュレーションし、省エネを実現しています。
- エネルギー管理のクラウド化により、効率的な運用管理を行っています。



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ			
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN、携帯電話網)			
	プロトコル	FTP	メール		
エッジコントローラ		FiTSA Σ			
エッジ コントローラ 接続I/F	回線	Ethernet		RS-485	
	プロトコル	SXローダ コマンド	Modbus	シリアル	シリアル
計測・制御機器/ 他社機器		MICREX-SX	FeMIEL	F-MPC	アナログ デジタル 変換器
計測・制御 I/F	回線	AI/DI	AI	AI	AI/DI
	プロトコル	—	—	—	—
計測・制御対象		計測機器 全般	電力、 パルス入力	電力	アナログ入力 デジタル入力

【お問い合わせ先】 パワエレシステム事業本部 エネルギーマネジメント事業部 EMS技術部 技術第一課
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-585-6934 <http://www.fujielectric.co.jp/>

IoTソリューション

工場 / 機械

異常兆候監視サービス

「設備ライフサイクルマネジメント」環境の実現をサポート。

プラントの履歴データから自動生成される数式モデルにより、品質診断、設備診断を高精度に行い、異常の兆候を検出します。

【導入によるメリット】

✓ 「現場データ収集 ▶ 解析 ▶ 問題点の発見 ▶ 対策実施」のプロセス改善を支援

- 製造における歩留まりを改善します。
- 設備の稼働率を向上させます。
- 設備稼働の最適パラメータの決定を支援します。
- 試作過程における条件抽出を短期間で完了させます。

【システムの特長】

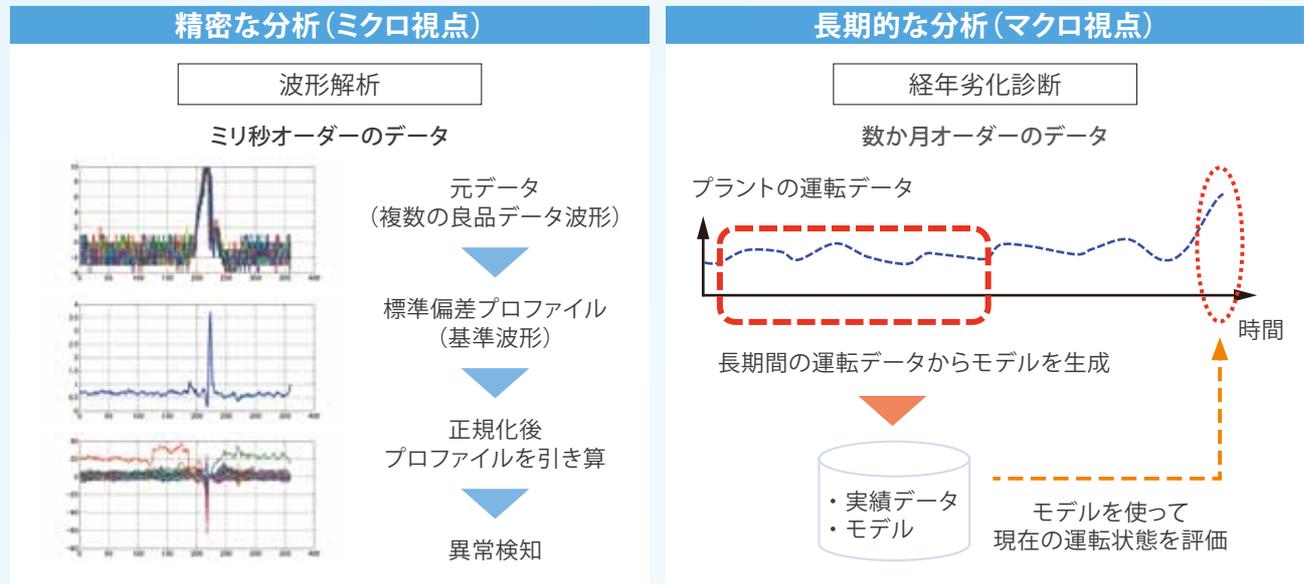
様々な条件において、高精度な予測と異常予兆の検知を実現 (多変量統計的プロセス管理: MSPC^{※1})

※1 MSPC: Multivariate Statistical Process Control 多変量統計的プロセス管理

- 因子数^{※2}の制約なしに、因子間の特徴抽出が可能
 - ※2 因子数: 製造実績データ、設備稼働実績データ、検査結果データなどの各項目の数
- 未知の異常でも検知可能
- バッチ系プロセスにも対応 (バッチMSPC)

「精密な分析」「長期的な分析」の両面から分析

- 従来のシステムでは案外見落としが多い→マイクロな視点で精密な分析
- 日常点検では長期傾向が分からない→マクロな視点で長期的な分析



【機能概要】

■ 波形解析

- ミリ秒オーダーのデータを収集・解析することにより、通常は見落とされる異常を検出

■ 経年劣化診断

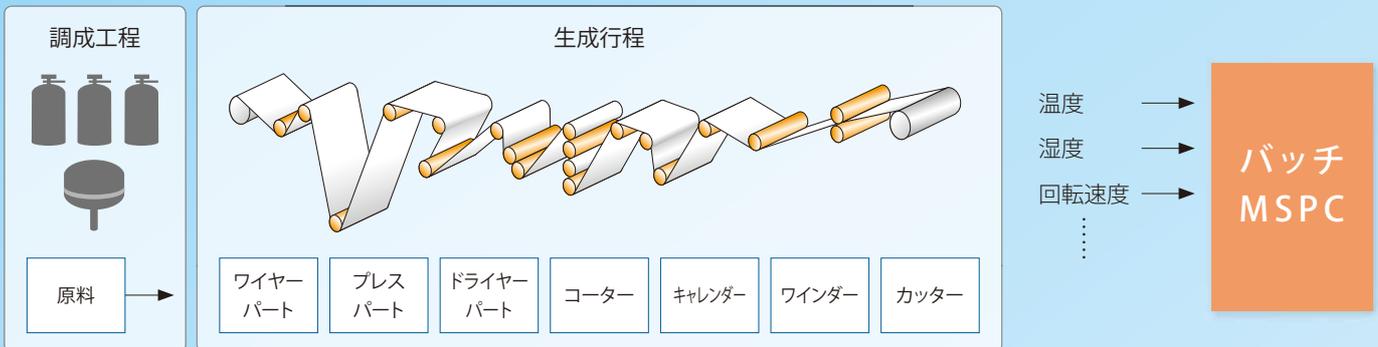
- 日常点検では検出できない長期の劣化傾向を長期間モデルにより解析・診断

■ お客様のご要望に合わせて、多様な導入形態をご用意

- オンライン解析またはオフライン解析（オフライン解析ツールはExcelで実装）
- システム導入：お客様ごとにカスタマイズしたシステムを提供
- サービス提供：システム運用に関する支援、データ解析支援、クラウドサービスを提供

【導入事例】

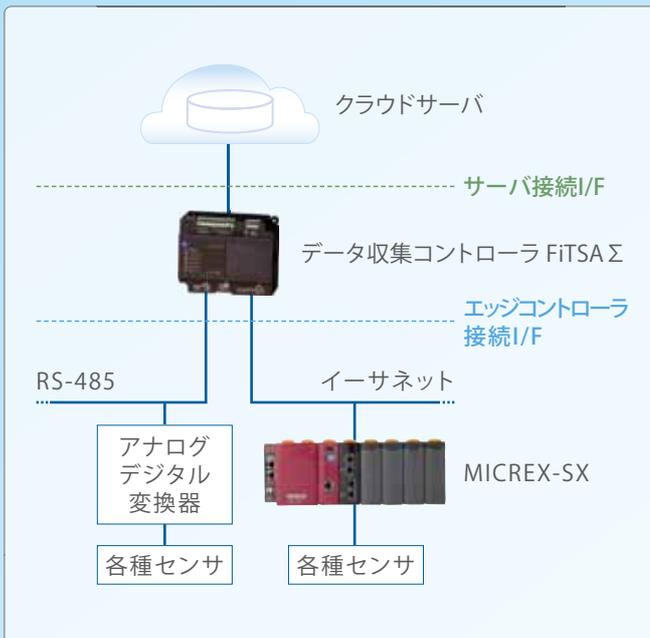
フィルムや紙などの波形解析システム



全てのパラメータの波形データそのものと波形同士の相関を分析することで、従来は見逃していた「違い」を検出可能

製造機器の異常兆候検知や生成している製品の品質予測が可能になり、問題発生前に対策ができます

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドもしくはオンプレミスサーバ	
サーバ接続I/F	回線	Ethernet (LAN、携帯電話網)	
	プロトコル	FTP	メール
エッジコントローラ		FiTSA Σ	
エッジコントローラ接続I/F	回線	Ethernet	RS-485
	プロトコル	SXローダコマンド	シリアル
計測・制御機器/他社機器		MICREX-SX	アナログデジタル変換器
計測・制御I/F	回線	AI/DI	AI/DI
	プロトコル	—	—
計測・制御対象		計測機器全般	アナログ入力、デジタル入力

【お問い合わせ先】 パワエレシステム事業本部 エネルギーマネジメント事業部 EMS技術部 技術第一課
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-585-6934 <http://www.fujielectric.co.jp/>

IoTソリューション

工場 / 機械

設備管理支援サービス (メンテナンスステーション)

設備台帳や保全実績などの管理を効率化。

設備管理に関連する様々な情報を一元管理することによりお客様の保全業務 (点検計画予実績管理、突発故障対応記録、保全部品在庫管理等) を総合的に支援します。

【導入によるメリット】

✓ 設備管理業務の効率化：工場のメンテナンスコストを5%※削減

- 保全業務を合理化します。
- トラブル発生時の対応の迅速化が図れます。
- 予備品の集約により在庫の圧縮が可能となります。

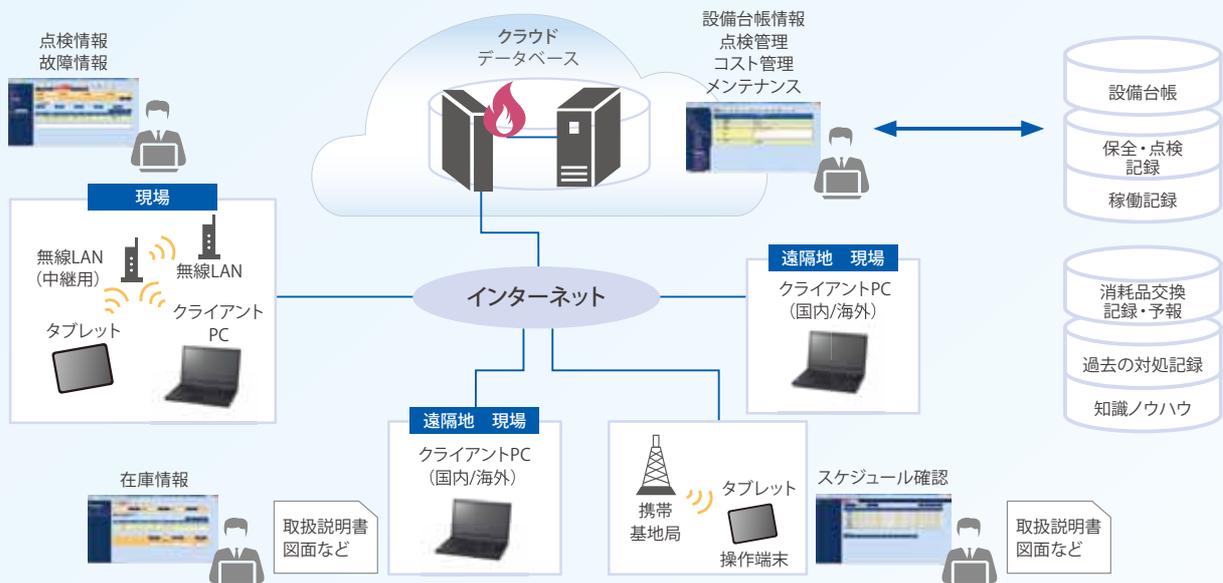
※効果は、対象とする設備の数・規模や導入システムの範囲により異なります。

【システムの特長】

保全業務に必要な機能を網羅

- 設備情報・設備に付属する部品情報の管理
- 保全作業の計画から記録、点検や故障情報、関連する技術文書の蓄積
- メンバー間のスケジュール管理

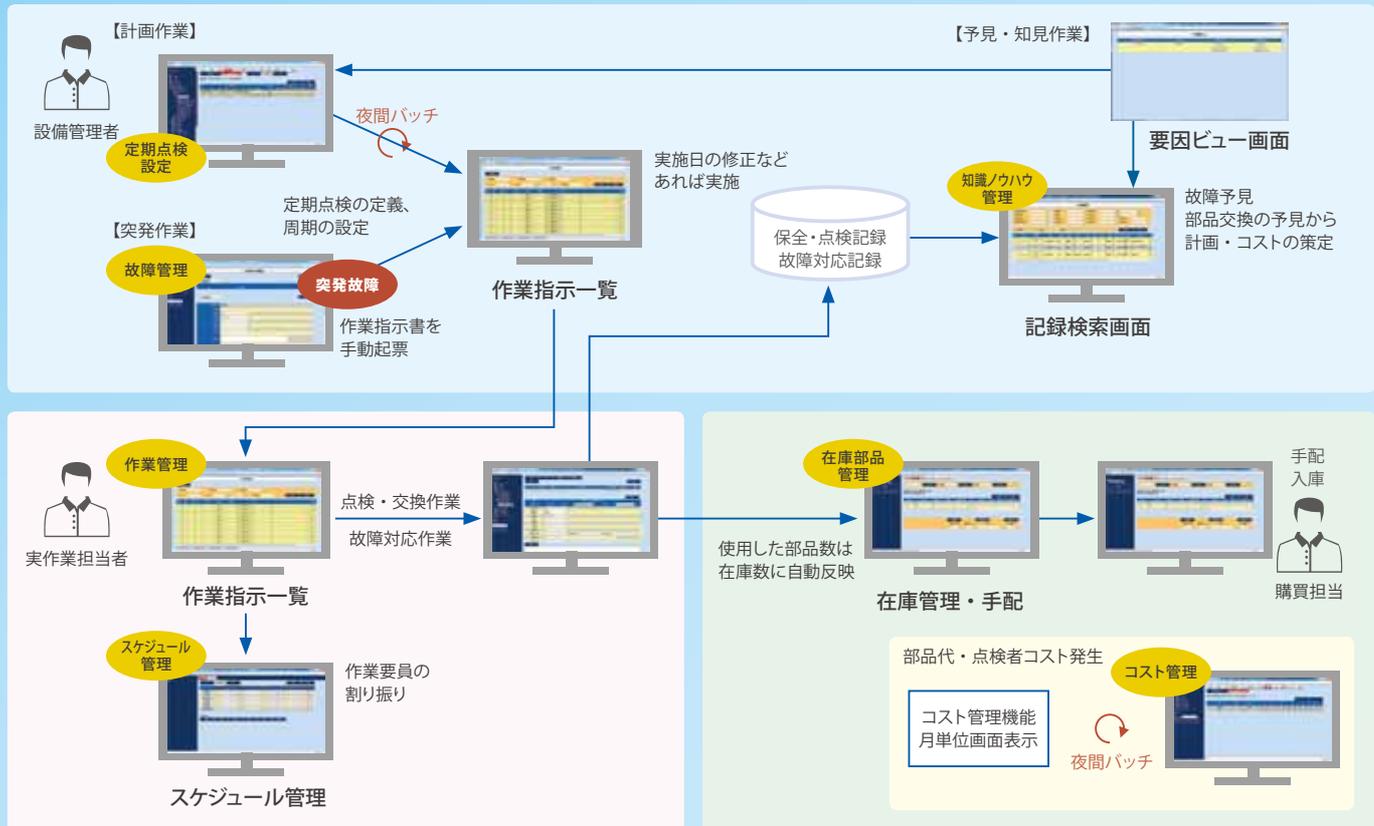
さらに情報の分析により、保全業務の迅速化、保全業務の品質向上、保全コストの管理をサポート



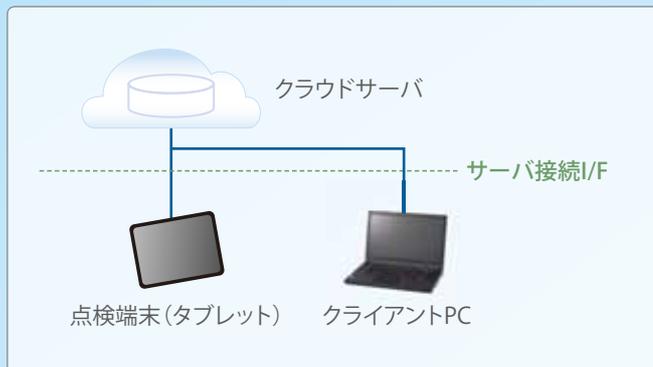
【機能概要】

- 設備台帳：設備の詳細、設備の点検項目の登録、交換部品、交換周期管理など
- 点検管理：設備点検の予定と実績を管理
- 故障管理：設備の故障履歴を管理
- コスト管理：設備保全に関するコストを集計・管理
- 在庫管理：交換部品の在庫を管理
- スケジュール：作業要員のスケジュールを管理
- 知識管理：障害データの階層化集計により障害分析を支援

【導入事例（利用イメージ）】



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドもしくはオンプレミスサーバ
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN、携帯電話網)
	プロトコル	TCP/IP
他社機器		タブレット、PC

IoTソリューション

工場 / 機械

無線式回転機振動監視システム ワイズロット **WISEROT**

振動傾向を遠隔監視することで、異常を早期発見。

生産ラインや重要機器として稼働している回転機の振動を計測し、傾向監視により異常兆候を早期発見することで、予防保全の立案に貢献します。

【導入によるメリット】

- ✓ 回転機異常の早期発見でダウンタイムを10%※削減**

 - 回転系（機械的）異常：低周波振動の傾向監視により、異常兆候を発見します。
 - 転がり軸受（ベアリング）異常：高周波振動の傾向監視により、異常兆候を発見します。
- ✓ 保全業務の軽減と安全対応でメンテナンスコストを5%※削減**

 - 無線振動センサにより、既設の設備にも容易に設置できます。
 - 自動計測により、危険箇所に入らなくて計測できます。

※効果は、監視対象となる回転機の規模などにより異なります。

【システムの特長】

振動診断に必要な機器を簡単に取付け可能

電源工事不要：送受信機はLANアダプタから電源供給、無線振動センサはバッテリー内蔵
無線計測：通信線の配線が困難な箇所でも計測が可能



回転機



無線振動センサ



無線通信



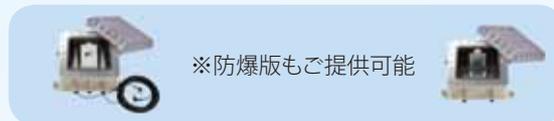
送受信機



LAN アダプタ



診断解析 PC



※防爆版もご提供可能

振動のレベルと質を同時に監視

傾向監視：計測データ（加速度・速度・変位）の経時変化から回転機の状態を判定
判定基準はお客様や回転機メーカーのノウハウによる基準値も適用可能
簡易診断：機械振動・ベアリング振動のFFT解析により、振動の質の変化を確認



振動レベル傾向監視のイメージ図



ベアリング振動の FFT 解析画面

【機能概要】

■ 波形計測・転送

○ 無線振動センサで回転機や軸受の振動波形を計測し、設備診断システムへ転送

■ 傾向監視

○ 回転機械振動：お客様設定値またはISO 10816-1/JIS B906に準拠した判定
○ 軸受けベアリング振動：お客様設定値または当社ノウハウに基づく判定

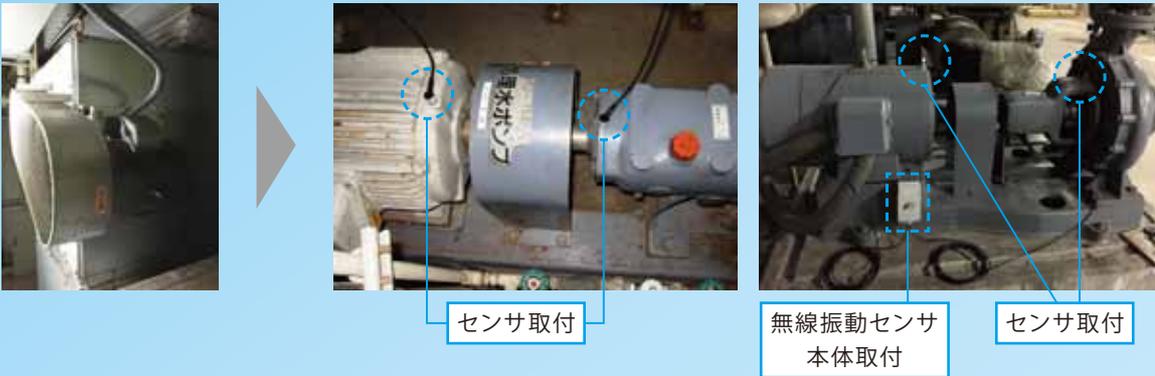
■ 診断解析

○ 機械振動・ベアリング振動のFFT解析
○ インバータノイズなどのフィルタ処理

■ 振動診断システムは、クラウド型とお客様現場のオンサイト型(振動解析PC)をご用意

■ 初期導入費ゼロの月額制による機能提供型サービスをご用意

【導入事例】



化学系メーカー様のファン監視に導入いただき、故障停止回避により年間3,000～7,000万円の損失対策ができると試算されました。

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ	振動解析PC (オンプレミス型)
サーバ 接続I/F	回線	LTE [※] /3G	Ethernet
	プロトコル	FTP	独自プロトコル
エッジコントローラ		FiTSA Σ	—
エッジ コントローラ 接続I/F	回線	Ethernet	—
	プロトコル	独自プロトコル	—
計測・制御機器		LANアダプタ/無線送受信機	
計測・制御I/F	回線	特定小電力無線(315MHz帯)	
	プロトコル	独自プロトコル	
センサ		無線振動センサ	
計測・制御対象		回転機、 機械設備(ファン・プロワなど)の軸受	

注) VPN/ルータ経由

【お問い合わせ先】 パワエレシステム事業本部 サービス統括部 推進部 サービス支援課
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-585-6143 <http://www.fujielectric.co.jp/>
<http://www.fujielectric.co.jp/products/service/> (サービスソリューション)

IoTソリューション

ビル / 施設 / IDC

クラウド型蓄電池診断サービス

バッテリー特性変化を把握し、
適切なメンテナンス計画を支援。

無停電電源装置(UPS)に使用される蓄電池の経年変化を継続的に測定・監視することで、蓄電池の異常によるUPSシステム障害リスクを軽減するサービスです。

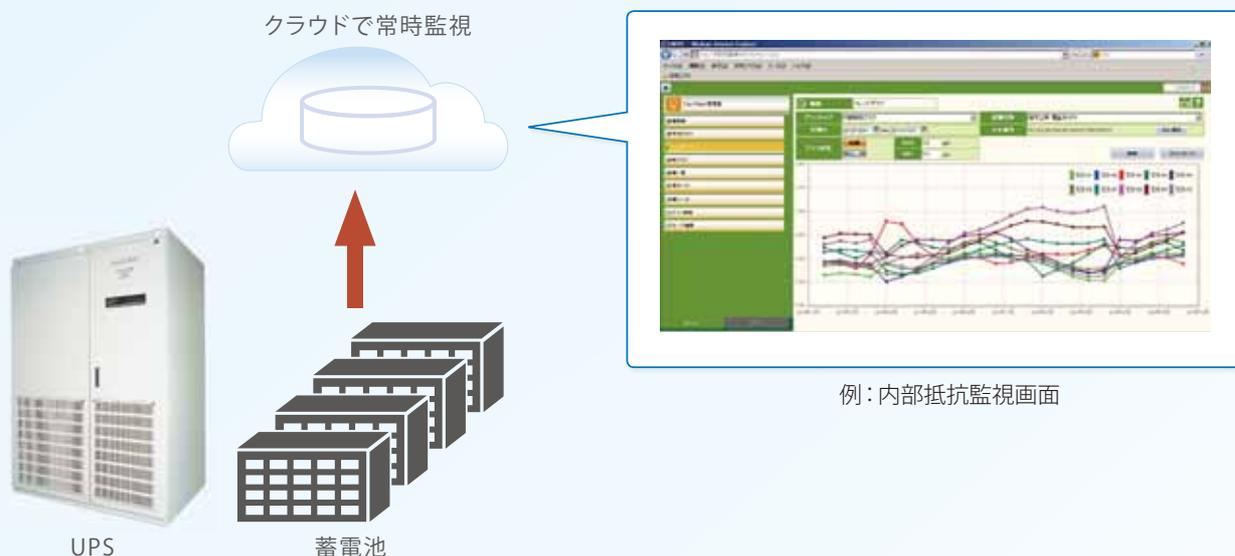
【導入によるメリット】

- ✓ **適切な更新・修理計画策定を支援(緊急修理の回避)**
 - 蓄電池を常時監視することにより、バッテリーの異常や経年劣化傾向を把握します。
 - 劣化兆候を捉えることにより、事前に更新計画を策定することが可能です。
- ✓ **保守点検作業の省力化で、メンテナンスコストを5%※削減**
 - 遠隔監視により、日常点検コストの低減が図れます。

※効果は、監視対象とするUPS蓄電池の数などにより異なります。

【システムの特長】

- 個別監視：セル1つ1つの「電圧」「内部抵抗」「温度」を監視
- 常時監視：長時間、連続、定点監視により、特性変化や異常発生を漏れなく検出
- 簡単取付：バッテリーセンサとコントローラ間は無線通信を使用するため現場施工が容易



【機能概要】

- グラフ表示 (内部抵抗、セル電圧、セル温度) : 日平均グラフ、トレンドグラフ、診断グラフ
- 帳票出力 (内部抵抗、セル電圧、セル温度)
- メールによるアラーム通知
- 無線通信機能
- 保守機能: 設備データ管理計測データ管理、判定基準管理、ユーザ管理

【導入事例】



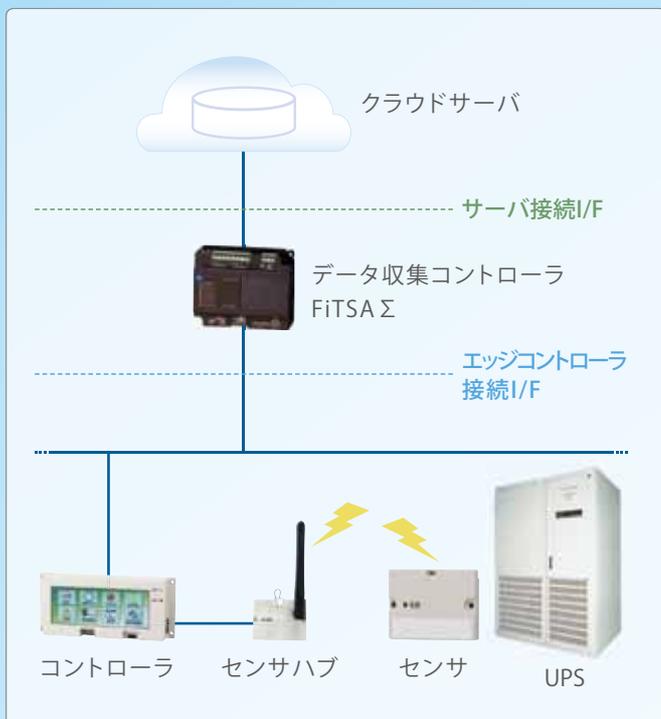
蓄電池電圧のトレンドグラフ画面 (複数セルの監視)



センサ

UPS

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN、携帯電話網)
	プロトコル	FTP
エッジコントローラ		FiTSA Σ
エッジ コントローラ 接続I/F	回線	Ethernet
	プロトコル	-
計測・制御機器		コントローラ
計測・制御I/F	回線	2.4GHz無線
	プロトコル	-
センサ		バッテリーセンサ
計測・制御対象		蓄電池 (電圧、内部抵抗、温度)

IoTソリューション

工場 / 機械

受変電設備総合診断サービス

最適な保全・改善策の提案により、安定操業を実現。

富士電機の機器診断技術とシュナイダーエレクトリック社のコンサルティング手法を融合し、受変電設備の安定操業の妨げとなるリスクと、そのリスクによる生産設備への影響を最小限化するサービスです。

【導入によるメリット】

✓ 受変電設備の信頼性・安定性の向上

- お客様の設備の信頼性・安定性を把握できるので、保全計画の適切性を検討することが容易になります。
- 設備事故による経営リスクを「見える化」します。
- 設備保全計画を最適化します。

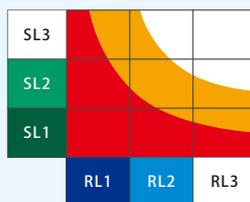
【サービスの特長】

- 設備の信頼性、ストレス状況を危険指数マップで「見える化」します。
- 種々の診断技術で機器の劣化度を把握することができます。

MP4コンサルティングサービス

4つのステップで、設備の安定操業に関する改善計画を提案します。

※詳しくは裏面をご覧ください。



受変電機器診断サービス

機器の劣化・余寿命などを診断し、最適な保全計画を提案します。

※詳しくは裏面をご覧ください。

【主なサービスメニュー】

油入変圧器高精度余寿命診断
光学式モールド変圧器劣化診断
開閉器劣化診断
高圧配電盤部分放電診断
受変電設備絶縁劣化診断
蓄電池劣化診断

主な対象設備



油入変圧器



モールド変圧器



高圧真空遮断器



高圧配電盤

【サービスの概要】

MP4コンサルティングサービス

本サービスは、以下の4つのステップで構成されています。

STEP1 配電系統と生産設備の整理



- 受配電系の事故により生産に影響が出る部分の抽出
- 重要設備が停止した場合の修理から復旧までの時間とコストの算出

STEP2 受変電設備と電気機器のチェック



- 安全性・老朽化・保護協調・電力品質・環境の評価
- ストレスレベル分けによる評価

STEP3 受変電システムの信頼性と重要度分析



- ストレスと信頼性レベルをミックスし、重要度判断と優先順位付け

STEP4 4つの改善計画の提示 (MP4)

- STEP3までの検討結果をベースにした4つの改善計画を提示

保守方案
(Maintenance Plan)

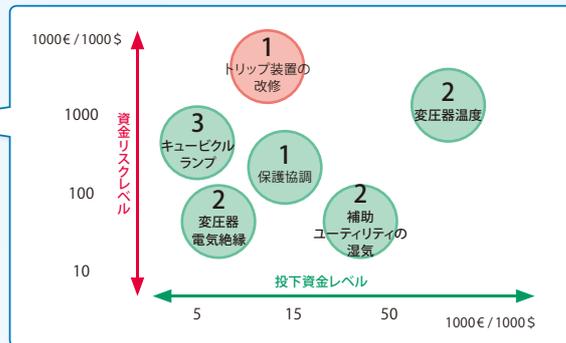
設備更新
(Modernization Plan)

設備監視
(Monitoring Plan)

設備管理方案
(Management Plan)

改善計画提案の内容

- 施設の能力向上と品質の改善のための施策
- 保全と更新計画のロードマップ
- 費用・投資計画の最適化
- リスクの「見える化」
- 事故予防のための改善策



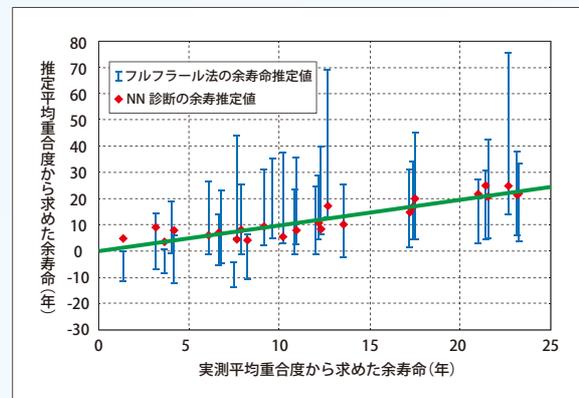
費用・投資計画の可視化例

受変電機器診断サービス

機器の劣化・予寿命などを診断し、最適な保全計画を提案します。

[代表例] 油入変圧器高精度余寿命診断サービス (クラウド対応)

- 油特性分析、油中ガス分析、および構造化ニューラルネットワークにより高精度な余寿命予測が可能です。
- 従来方式の予測精度15年に対し、3年の高精度で予測します。



ニューラルネットワーク診断評価

IoTソリューション

物流/食品流通/農業

ウォークール WALKOOL 遠隔監視サービス

保冷商品の品質管理と機器管理をトータルに支援。

冷凍保冷コンテナWALKOOLの遠隔監視により、保冷商品の温度・位置情報をリアルタイムに収集し、品質管理と機器管理業務を総合的に支援します。

【導入によるメリット】

✓ 温度帯別の配送により生じる無駄を削減

- 小口化(温度帯別の配送)による積載率の低下を、混載配送で解決します。
- ドライバー不足、車両費の高騰などの課題解決

✓ 保冷商品(冷凍・冷蔵)の配送品質の向上

✓ 配送管理業務の効率化

- 配送状況を「見える化」します
- カゴ台車の紛失を防ぎます

-20℃ 冷凍保冷コンテナWALKOOL

【特徴】

- ① 電源レス環境で8時間冷凍保冷
- ② 導入工事不要(100V電源)
- ③ オールステンレス&標準かご車サイズ



【システムの特長】

- 保冷コンテナWALKOOLを活用し、複数温度帯を一括配送
- 運行実績管理、温度異常把握が可能
- 納品先にコンテナごと納品した場合でも位置情報を発信し、紛失を防止

現状 温度帯別に専用車両で配送



実現イメージ 冷蔵車両で混載配送



【機能概要】

■ 保冷库内の温度管理

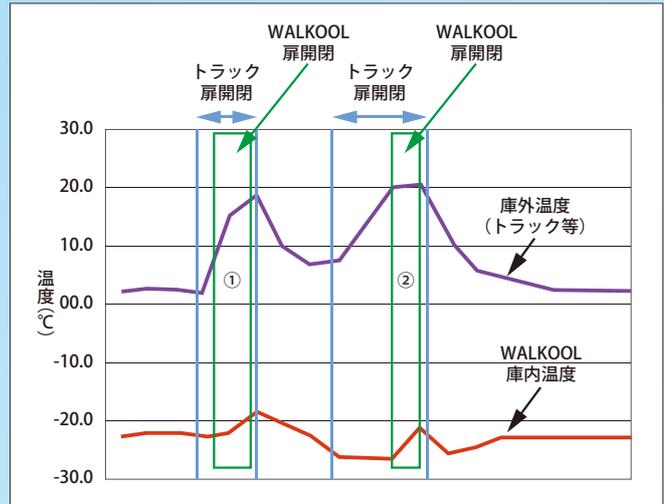
- 温湿度情報の記録、リアルタイム確認
- 温度異常アラームメール

■ 位置情報による機器所在管理

- 位置情報の記録、リアルタイム確認、地図表示
- 拠点出入り監視メール

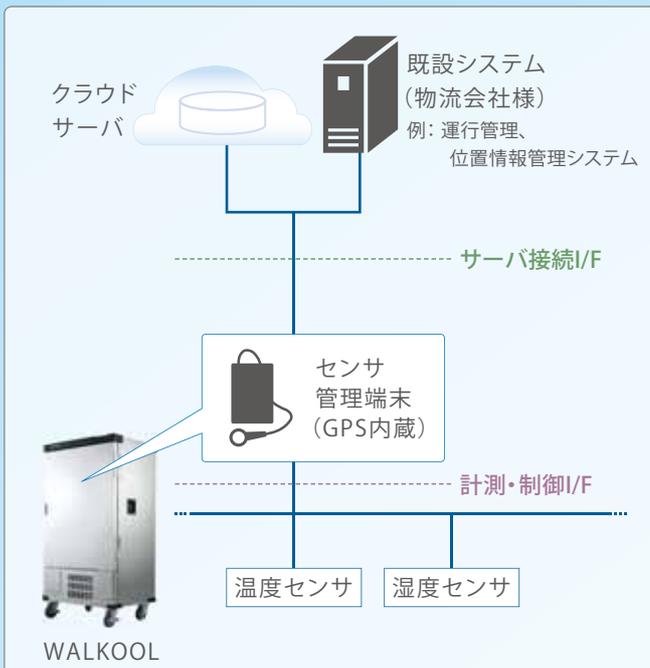
【導入事例】

- ① 正常動作確認の例：トラック扉開閉時でも、WALKOOL 庫内温度は一定以下を維持できている。
- ② 運用改善支援の例：WALKOOL庫内温度は維持できているが、庫外温度が上昇していることから、トラック扉を長く開けない運用にすべきとの提示が可能となる。



取得温度データイメージ

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ
サーバ接続 I/F	回線	3G 移动通信 (KDDI)
	プロトコル	独自
計測・制御機器/他社機器		センサ管理端末 (GPS内蔵)
計測・制御 I/F	回線	シリアル
	プロトコル	1-Wire インタフェース
計測・制御対象		温度センサ、湿度センサ

IoTソリューション

エネルギー/エネルギー流通

スマートメータ活用 遠隔検針サービス

遠隔から検針データを収集し、
検針業務の効率化・異常時対応の迅速化に貢献。

社会インフラ事業者・新電力事業者向けの、クラウドを活用した自動検針サービスです。当社の統合クラウドEMSにてスマートメータ・ガスメータ・水道メータから検針データを収集して使用量を「見える化」し、異常時はアラームで通知します。

【導入によるメリット】

✓ 検針業務の効率化

- 現地での目視検針作業が不要となります。
- 30分値のリアルタイム収集が可能です。

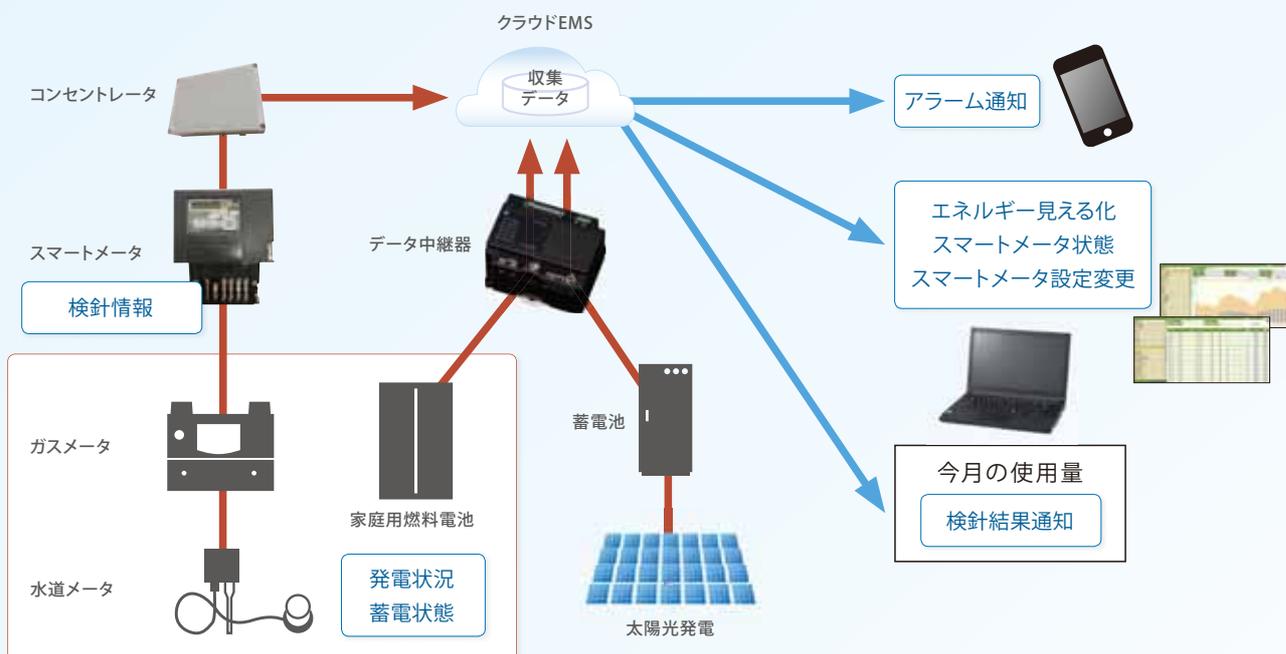
✓ ガスアラーム情報通知による対応の迅速化

- 従来は月1回の点検で確認 → アラーム通知により即日対応可能。

✓ 遠隔操作で電力供給停止/停止解除、契約電力の変更が可能

【システムの特長】

- 需要家数による従量課金制なので、小規模設備でも導入ができます
- 家庭用燃料電池の発電制御、太陽光と蓄電池の最適運用制御が可能です



【機能概要】

- 複数拠点の計量データをクラウドに集約し、新電気事業者などへ配信
- 電気・ガス・水道の使用量の「見える化」と、電気料金・ガス料金・水道料金を事業者からアップロードすることによるお客さまへの「見える化」サービス提供
- 電力メータ内の開閉器を遠隔制御することで、電力供給の停止/停止解除、契約電力の変更が可能
- 電気・ガス・水道の使用量を一括収集・管理できるため管理業務の効率化が可能

【お客様の導入機能例】

- エネルギー使用量の「見える化」
- スマートメータ状態表示
- 警報メール通知
- スマートメータ開閉器制御
- 家庭用燃料電池の発電制御
- 太陽光+蓄電池の最適運用制御
- 照明調光制御

統合クラウドEMS

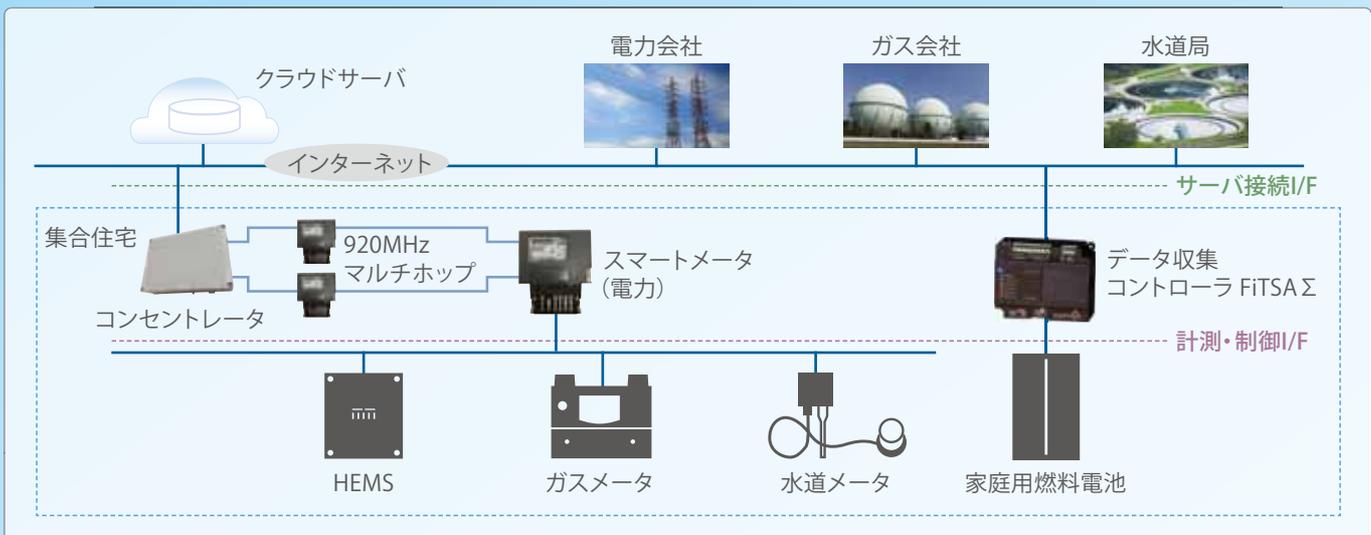


使用量見える化画面



スマートメータ状態表示画面

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ				
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet				
	プロトコル	HTTP				Ethernet
計測・制御機器		コンセントレータ/スマートメータ(電力)				FiTSA Σ
計測・制御I/F	回線	—	920MHz特定小電力無線	920MHz特定小電力無線	920MHz特定小電力無線	Ethernet
	プロトコル	—	Wi-SUN	Ubus-Air	Ubus-Air	独自プロトコル
計測・制御対象	電力使用量(30分値) 正・逆、 アラーム情報 開閉動作記録、 開閉器制御	HEMS	ガススマートメータ (超音波式)	水道メータ	家庭用燃料電池	
		電力使用量(30分値) 正・逆	ガス使用量 (30分値 但し1日1回)、 アラーム情報	水道使用量	上乗せ指令値、 稼働情報、 アラーム	

太陽光発電遠隔監視&メンテナンスサービス

太陽光発電設備における運用保守業務を効率化。

長期の安定的な発電を確保するためには、設備全体の保守点検と維持管理が重要です。太陽光パネル、パワーコンディショナー、および受変電設備などの総合設備管理を支援する、クラウド型遠隔監視・診断サービスおよびハードウェアメンテナンスサービスを提供します。

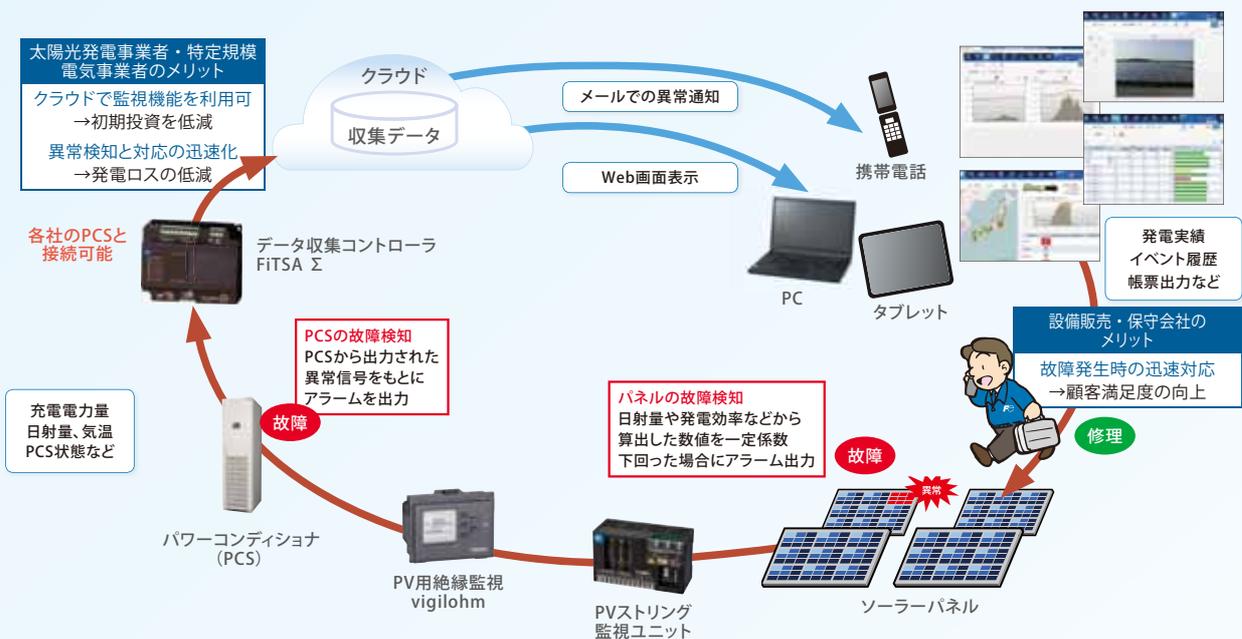
【導入によるメリット】

☑ **太陽光発電設備の発電電力安定化と運用業務効率化が可能です。**

- 設備の信頼性・安定性向上
- パネル診断による発電性能の可視化
- 設備保全計画の最適化

【システムの特長】

- 設備規模に応じた統合監視が可能
- クラウドサービスにより短納期・低コストでの導入に最適
- 他社製の監視システムやパワーコンディショナからもデータを収集し、クラウドサーバにて統合監視が可能
- スtring診断システムの閾値設定で点検等の対策の必要性を直感的に認識可能



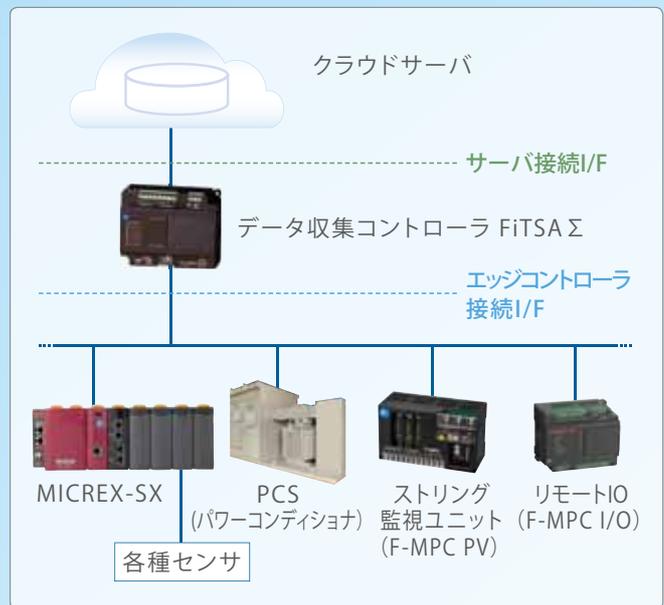
【機能概要】

	対象	サービス内容	頻度	備考
遠隔監視サービス	太陽光発電設備	<ul style="list-style-type: none"> 発電量、気温、日射量 運転支援管理 ストリング監視 カメラ監視 	<ul style="list-style-type: none"> 常時 月次、年次帳票 常時 都度 	基本
		<ul style="list-style-type: none"> パネル診断 (瞬時値分析、回帰分析) 	<ul style="list-style-type: none"> 常時 	オプション
ハードウェア保守サービス	PCS	<ul style="list-style-type: none"> 保守点検 定期部品交換 緊急コール(修理) 精密点検 	<ul style="list-style-type: none"> 1年/1回 5, 10, 15年経過時 都度 5年/1回 	基本
	受変電設備	<ul style="list-style-type: none"> 普通点検 精密点検 	<ul style="list-style-type: none"> 1年/1回点検整備(清掃、給油) 6年/1回点検整備(清掃、部品交換、調整) 	基本
	太陽光パネル	<ul style="list-style-type: none"> オンサイト診断 パネル交換 	<ul style="list-style-type: none"> 都度 都度 	オプション
	監視装置 (PC他)	<ul style="list-style-type: none"> 保守点検 定期部品交換 緊急コール(修理) 	<ul style="list-style-type: none"> 1年/1回 3年経過時(5年更新) 都度 	オプション

【導入事例】



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ					
サーバ接続I/F	回線	Ethernet (LAN)					
	プロトコル	FTP、SNMP、HTTP					
エッジコントローラ		FiTSA Σ					
エッジコントローラ接続I/F	回線	Ethernet、RS485					
	プロトコル	SXローダコマンド	Modbus TCP/RTU 独自プロトコル	Modbus RTU、F-MPC Net	Modbus TCP/RTU	Modbus RTU、F-MPC Net	Modbus TCP/RTU、独自プロトコル
計測・制御機器/他社機器		MICREX-SX	PCS	F-MPC PV	他社ストリングユニット	F-MPC I/O	他社リモートIO
下位I/F	回線	Ethernet	Ethernet、RS485	AI		DI/DO	
	プロトコル	Modbus TCP	—	—		—	
計測・制御対象		リモートI/O	PCS各種データ (充電データ)	ストリング、警報接点信号 日付/気温計等各種センサ		電力パルス、キュービクル警報 状態進行など	

【お問い合わせ先】 発電事業本部 新エネプラント事業部 太陽光/風力発電技術部
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-585-6844 <http://www.fujielectric.co.jp/>

富士アイティ株式会社
〒190-0012 東京都立川市曙町2-4-3 TISビル TEL:0120-71-5571
E-mail:fit-product@fujielectric.com
<http://www.fujielectric.co.jp/fit/energy/solarconciierge/> (ソーラーコンシェルジュ)

IoTソリューション
エネルギー/エネルギー流通

電力小売り事業向け需給管理システム

電力小売り事業の需給管理に 必須の機能をワンストップでご提供。

2016年の電気事業制度における電力小売の全面自由化後に発生する新たな業務(低圧需要予測、1時間前市場、バラシンググループ)を含め、全ての需給管理業務に対応したサービスを提供します。

【導入によるメリット】

☑ 電力調達コストを最小化し、他事業者との競争力や利益率を向上

- 高精度需要予測により、低コストでの電力調達を可能にします。
- バラシンググループを含めた需給計画・同時同量監視機能により、同時同量の責務を達成し、インバランス料金の発生を抑制します。

【システムの特長】

需給管理

需要予測

▶

電気の調達

▶

計画作成

▶

需要実績の取込

▶

需給監視

需給管理のワンストップサービスを実現

需要予測から需給監視まで、すべての需給管理業務に対応。使いやすさも追求しました。

低圧個人需要家向け需要予測

数千～数十万の低圧個人需要家に対して、効率的で精度の高い需要予測機能(JIT予測)*を利用することで、高精度な予測結果を得られます。

1時間前市場への対応

スポット市場に加え、1時間前市場に対応しており、取引結果を需給計画、通告帳票に自動で反映できます。

バラシンググループへの対応

代表契約者制度に基づいて、他の新電力事業者の業務委託を受けられるよう、複数の新電力事業者も含めた需給管理運用(バラシンググループ管理)を利用できます。

※JIT(Just In Time) 予測
統計的手法で過去データから類似データを抽出し、補正処理で予測を高精度化する手法。新電力事業者(特定規模電気事業者:PPS)様への導入実績多数。

【機能概要】

■ 標準機能

- 電力需要予測
- 電力市場取引(スポット、1時間前)
- 電力需要実績収集、管理
- インバランス監視(需要)
 - ※インバランス監視(発電)は個別対応
- 通告帳票(需要調達計画、連系線利用計画)作成、提出
- 広域的運営推進機関、電力取引所、一般送配電事業者向けインターフェイス
 - ※顧客情報システム向けインターフェイスは個別対応

■ オプション機能

- 発電販売計画作成、提出

【導入事例】

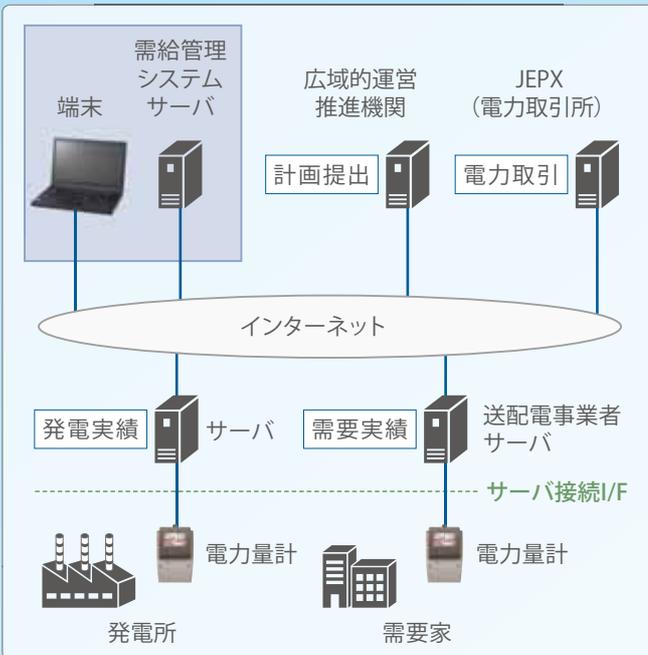


需要予測画面



インバランス監視画面

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		需給管理システムサーバ(オンプレミス)			
インターフェイス	回線	インターネット			
	プロトコル	EDI電磁業者	独自プロトコル	独自プロトコル	独自プロトコル
連携サーバ		送配電事業者サーバ	発電所サーバ	広域的運営推進機関	JEPX(電力取引所)
エッジコントローラ接続I/F	回線	無線/携帯網など	Ethernet	—	—
	プロトコル	事業者仕様	独自プロトコル	—	—
計測・制御機器		電力量計	電力量計	—	—
計測・制御対象		電力量(発電)	電力量(需要)	—	—

【お問い合わせ先】 パワエレスシステム事業本部 エネルギーマネジメント事業部 電力流通総合技術部
 〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-583-9923 <http://www.fujielectric.co.jp/>

営業本部 エネルギーソリューション統括部 営業第四部
 〒141-0032 東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー TEL:03-5435-7028
 E-MAIL:x-uc-sells@fujielectric.com

デジタルサイネージ自販機クラウドサービス

IT連携により、自動販売機の運営収益向上を支援。

「自動販売機専用クラウド」「スマホアプリを使った商品購入システム」「遠隔管理可能なサイネージディスプレイ」を組み合わせることで、自動販売機運営の効率化、収益向上を支援します。

【導入によるメリット】

✓ より効率的な自動販売機運営の実現

- クラウドの活用により、販売データ分析や故障管理を効率的に行えます。

✓ 広告表示による新たな収益源の確保

- サイネージディスプレイへの広告で1ヶ月あたり数千～数万円/台*が見込めます。

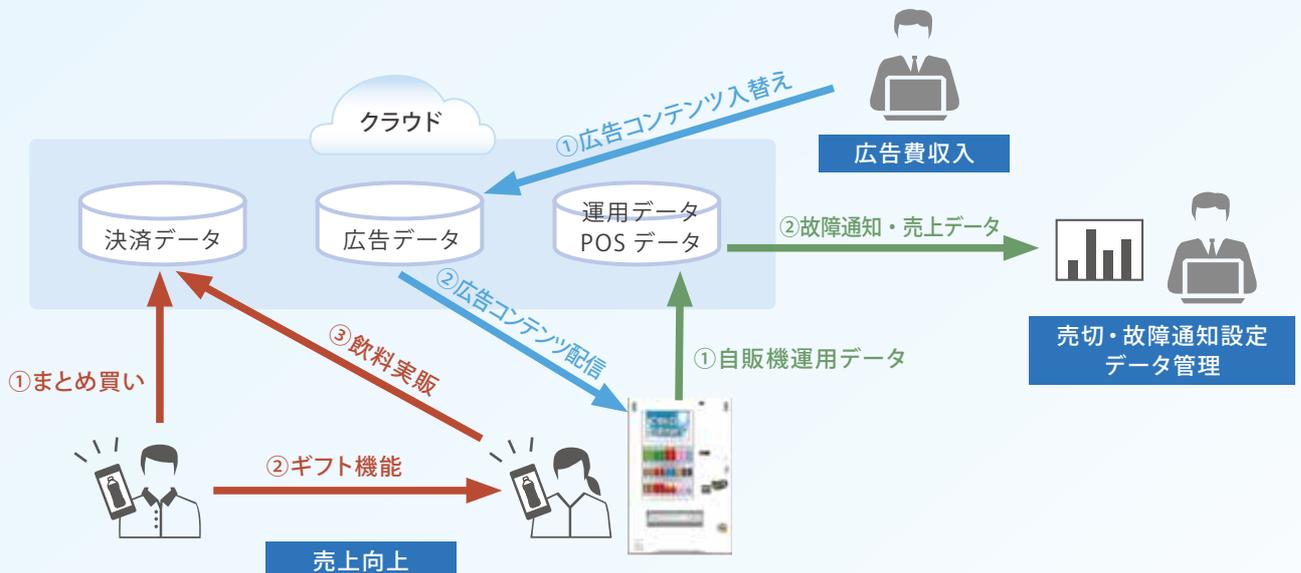
✓ スマホで商品を購入できるシステムで売上向上

- スマホアプリを使って飲料を家族や友人にギフトやシェアできたり、ネットショップでのまとめ買いにつながるため、売上向上(5～30%*)が見込めます。

※効果は、規模や導入設備により異なります。

【システムの特長】

- アプリ上の仮想店舗(売場)で商品を販売することで、今までとは異なるサービスの提供が可能
- 個々に異なる自販機設定をセンター管理+スマホ経由で行うことで、現場でのリモコン作業を軽減
- POSデータによる商品需要予測
- 各種サーバや他社機器との連携を容易に実現する、幅広いOS、プロトコル、言語に対応するミドルウェア



【サービスの概要】

- 屋外対応可能な大型サイネージとNFC (Near Field Communication = 近距離無線通信技術)やQRコードによるオンライン決済機能
- 自動販売機・サーバ・スマートフォン・タブレットが連携できる販促支援機能

【導入事例】

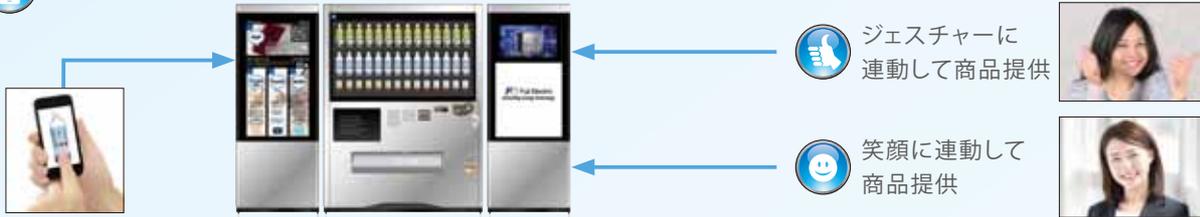
おもてなしサイネージ機 (伊勢志摩サミット出展自動販売機)

自動販売機を、エンターテインメントに

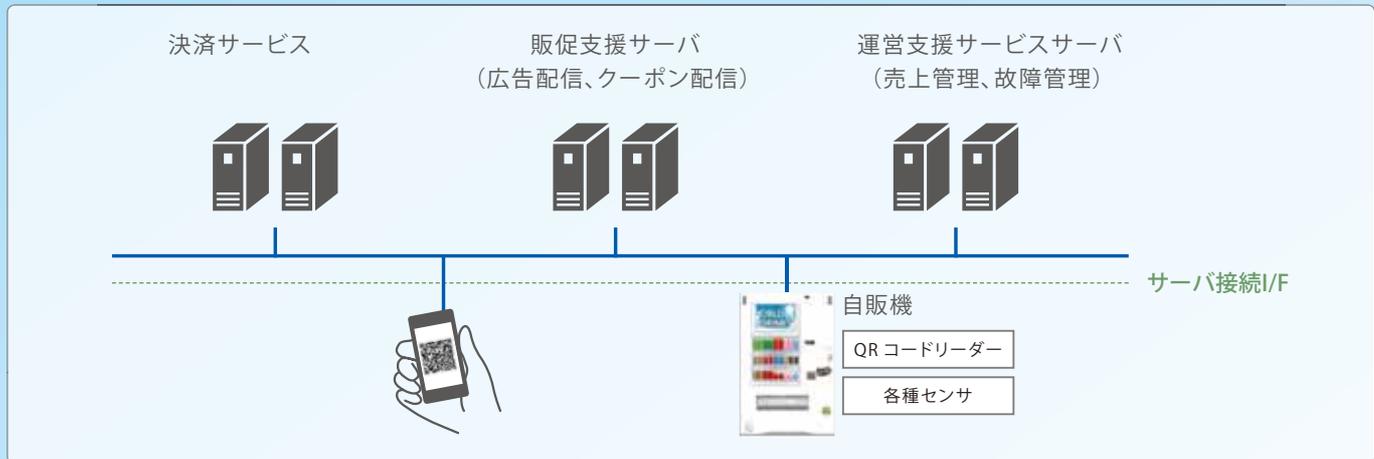
- 様々なサービスとお客機を繋ぐ、新しい自動販売機のご提案
- お客線一人ひとりに応じた自動販売機との双方向コミュニケーション
- 外国からのお客機にも安心してお使い頂けるインバウンド (独伊英仏) 対応

- ・ キャンペーン (割引、プレゼント情報発信) 
- ・ クーポン・ポイント (ポイント付与等) 
- ・ ガイド・インフォメーション (商品案内等) 

 スマートフォンのサービスと連動した商品選択



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		決済サービス	販売支援サービス	運営支援サービス	コンテンツ配信 (オンプレミスの場合)
サーバ接続I/F	回線	3G/LTE (インターネット)	3G/LTE (インターネット)	WiFi/3G/LTE	Ethernet (LAN)
	プロトコル	SCE	SCE	SCE	SCE
GW組込型フィールド機器		決済機能付自販機	スマートフォン/サイネージ自販機	デジタルサイネージ自販機	デジタルサイネージ自販機
計測・制御I/F	回線	USB	USB/232C	自販機独自	USB
	プロトコル	SCE	SCE	自販機工業会	SCE
計測・制御対象		QRコードリーダ	ユーザー検出センサ (カメラやBluetoothなど)	状態監視センサ (温度など)	大型液晶タッチセンサ

【機能概要】

■ エネルギーや稼働状態の「見える化」

○ 冷凍機やショーケース等の機器からエネルギー使用量や稼働状態を測定・検出し、データをサーバへ集約

■ デマンド制御や空調・換気連携等による省エネ

■ きめ細やかな温度管理による商品の鮮度管理

■ QRコードを用いたモバイルによる機器登録・設備台帳管理、および店舗・設備・保全履歴管理

■ 異常兆候検知による故障予知（開発中）

【お客様導入機能例】

鮮度管理（温度表示、温度報告書）

警報メール通知

エネルギーの見える化

デマンド制御

冷凍機最適制御

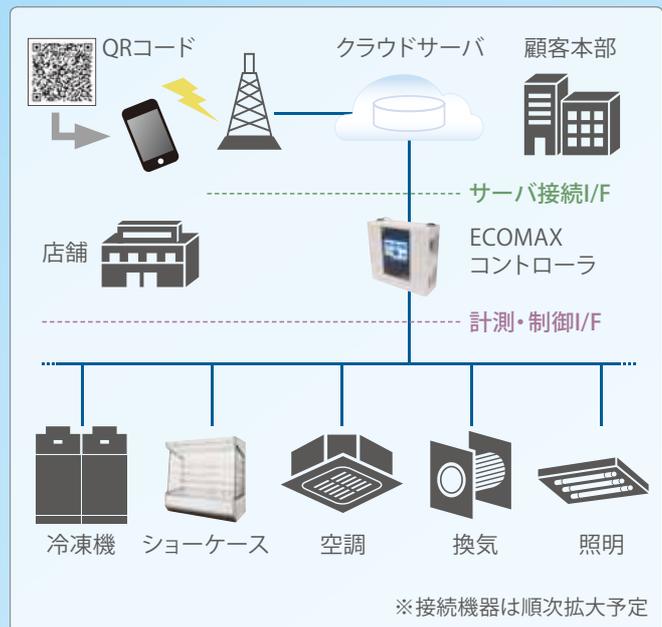
空調換気連携

照明調光制御



操作画面例

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ								
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN)								
	プロトコル	FTP、HTTP、SMTP								
計測・制御機器		ECOMAXコントローラ								
計測・制御I/F	回線	Ethernet (LAN)			RS485					
	プロトコル	Modbus TCP	HTTP	FTP/自社	他社独自	自社	自社	他社独自	自社	—
計測・制御対象	リモートIO	空調CL	エコ店長	冷凍機*	ショーケース	F-MPC	温湿度センサ	FiTSA/LON	接点	
	AI/DIO	AIO	AI	—	AIO/DIO	AI	—	LonWorks	DIO	
	各種センサ	空調ステータス温度	電力量、温度	冷凍機ステータス温度、圧力、周波数	ショーケースステータス温度、IO	電力量	温湿度	空調照明DIO	照明ON/OFF 空調ON/OFF 警報入出力	

※ 対象冷凍機：日立、ダイキン、パナソニック、三菱電機、KOBELCO

【お問い合わせ先】 食品流通事業本部 営業統括部 営業第七部 営業第一課

〒141-0032 東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー TEL:03-5435-7078

<http://www.fujielectric.co.jp/>

http://www.fujielectric.co.jp/products/cold_chain/index.html (コールドチェーン機器)

IoTソリューション

自治体 / 行政

環境放射線監視サービス

導入しやすいクラウド型システムで地域の放射線を監視。

富士電機が長年培ってきた放射線計測技術をベースに、小形線量計とクラウドシステムを組み合わせた監視サービスです。導入しやすさを追求し、より多くの地域住民の皆様の安全・安心を見守ります。

【導入によるメリット】

✓ 高感度型線量計からのデータをクラウドサーバにより処理・統合管理

- 導入コストを抑えます。
- データ提供に伴う課金方式のシステムも構築可能です。
- データ運用監視サービスも付加可能です。

【システムの特長】

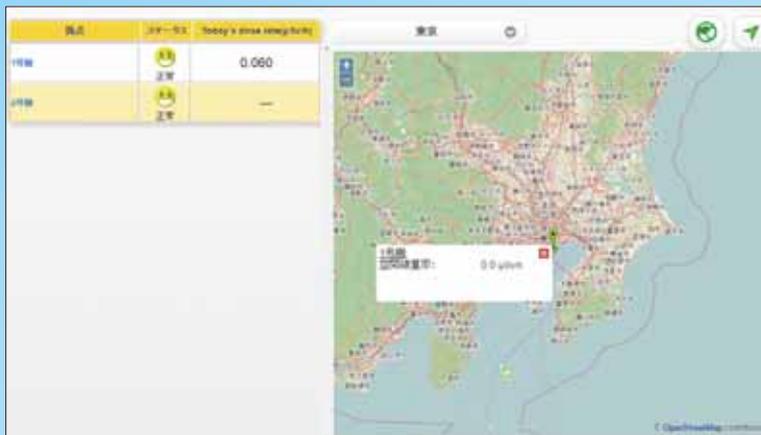
- 線量計は、低価格と高性能を両立したDOSEe nanoを採用。
- 地方自治体、海外政府なども導入対象として開発。



【機能概要】

- エリア内に設置された線量計(DOSEe nano)から環境放射線データをサーバに収集・管理
- 収集・管理したデータは、関係機関・ユーザ様の端末から監視可能

【導入事例】



環境放射線監視サービス画面表示例*

【システム構成】*



【接続構成】*

サーバ		クラウドサーバ
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN、携帯電話網)
	プロトコル	FTP
エッジコントローラ		FiTSA Σ typeM2M
エッジ コントローラ 接続I/F	回線	USB
	プロトコル	ローダコマンド
計測・制御機器/ 他社機器		放射線検出器(DOSEe nano)
計測・ 制御I/F	回線	—
	プロトコル	—
計測・制御対象		環境放射線

※日本国内に導入の場合

【お問い合わせ先】 パワエレシステム事業本部 環境ソリューション事業部 放射線システム部
 〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-583-6599 <http://www.fujielectric.co.jp/>
<http://www.fujielectric.co.jp/products/radiation/> (放射線システム)

※製品の外形、形式番号などは、予告なく変更される場合があります。

Printed in Japan 2017-5/20FOLS

多変量統計的プロセス管理(MSPC^{※1})ツール

実績豊富な解析ツールにより、素早く効果を確認。

お客様の現場における、製造品質改善や設備の異常予知などの実績が豊富な解析・最適化技術(CPS^{※2}エンジン)を実装したツールです。オフラインデータの現場での簡易診断からクラウド上の最適化サービスまで、お客様のご要望に応じた導入形態で用意しています。

【導入によるメリット】

✓ 解析ツール活用による効果を早期に検証 (Small, Quick start)

- 既存データがある場合は、オフライン解析により最短1日で簡易診断が可能です。
- 既存データがない場合も、エッジコントローラを既設システムに後付けすることにより、容易にデータ収集
→ 簡易診断が可能です。

✓ 効果をお客様と共に確認しながら、解析内容の深堀り、解析範囲の拡大が可能 (Spiral-up)

- ステップ1：既設システムに保存されたデータのExcelによるオフライン解析
- ステップ2：解析データを追加し、解析内容の深堀り
- ステップ3：クラウドもしくはオンプレミスサーバによるオンライン解析

【システムの特長】

多種多様なお客様課題の解決実績

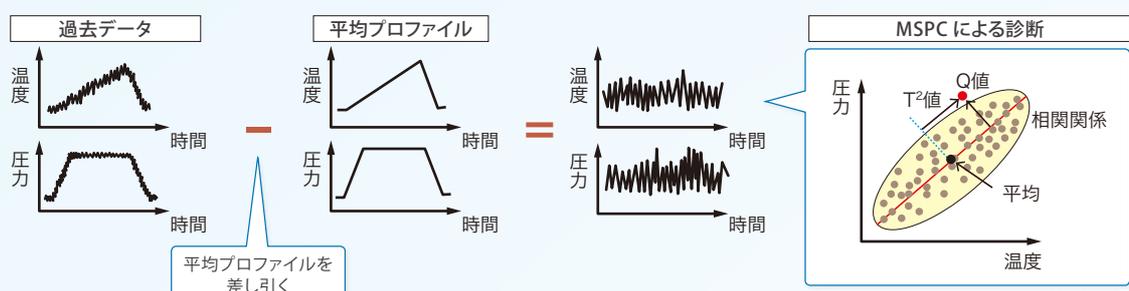
- 自動車・化学分野における製造品質改善や、店舗における設備異常予知など

お客様との課題解決により、磨き上げられた解析アルゴリズム

- 因子数^{*}の制約なしに、因子間の特徴抽出が可能 ※ 因子数：製造実績データ、設備稼働実績データ、検査結果データなどの各項目の数
- 未知の異常でも検知可能
- 連続系プロセスに加え、バッチ系プロセスデータの解析も可能

バッチMSPCによる解析

バッチ系プロセスでは平均プロファイルからの差異を因子間で相関分析することにより診断・分析します。



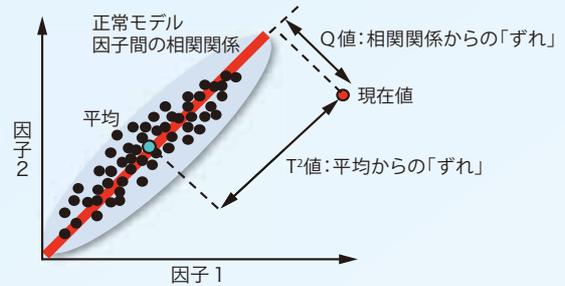
【機能概要】

■ 正常モデル作成

- 相関の強い複数因子の組合せを抽出

■ 現在値と正常モデルとの比較・判定

- 相関関係からのずれ(Q値)と平均からのずれ(T²値)を用いて判定
(個々の因子の閾値判定では検出されない異常を検知)



【導入事例】

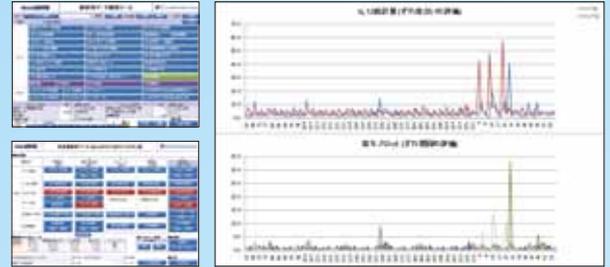
MSPCを搭載したパッケージソフトウェア (MainGATE/MSPC)として、約550件の導入実績があります

適用事例 (一部)

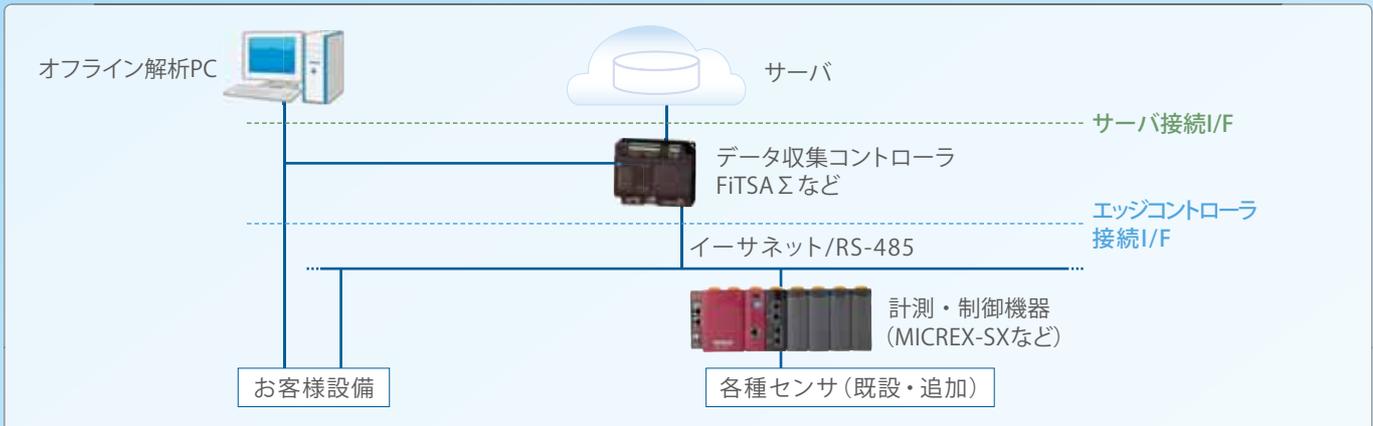
業界	適用効果
自動車	製造工程の診断・分析による加工精度向上
化学	製造工程の診断・分析による品質歩留り向上、設備異常検知
医療機器	品質良否判定への適用による工程品質確保、生産量安定化
店舗	冷凍機システムの監視による異常予兆検知

上記以外の業界にも、多数の導入実績があります。

診断ツール画面



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		オフライン解析PC		クラウドもしくはオンプレミスサーバ	
サーバ接続I/F	回線	オフライン (記憶メディアによるデータ渡し)		Ethernet (LAN、携帯電話網)	
	プロトコル	FTP		FTP、メール	
エッジコントローラ		エッジコントローラ (FiTSA Σ など)			
エッジコントローラ接続I/F	回線			Ethernet	RS-485
	プロトコル			SXローダコマンド	シリアル
計測・制御機器/他社機器		既設設備		MICREX-SX	リモートI/O
計測・制御I/F	回線	各種インターフェイス		AI/DI	AI/DI
	プロトコル	—		—	—
計測・制御対象		各種データ (電力、温度、湿度、圧力など)		計測機器全般	アナログ入力、デジタル入力

IoTソリューション

Quick Startの鍵

データ収集コントローラ



様々なフィールド機器のデータを簡単に収集、クラウドへ転送。

お客様の現場に設置された様々なフィールド機器のデータを収集するためのエッジコントローラです。既設システムへの影響を抑えつつ、簡単に設置が可能で、解析・最適化(CPS*1エンジン)に使用するデータを収集・転送することができます。

【導入によるメリット】

✓ フィールド機器のデータをサーバに簡単伝送 (Small, Quick Start)

- 既設システム・盤に後付けが可能です。
- 当社製品・他社製品を問わず、様々なフィールド機器を接続できます。

✓ センサ追加やデータ収集設定の変更も容易に可能 (Spiral-up)

- Web画面によるデータ収集・状況監視設定が可能です。
- 通信ライブラリをオンライン上で追加可能*2です。

*1 Cyber Physical System *2通信ライブラリの追加開発が必要となる場合がございます。

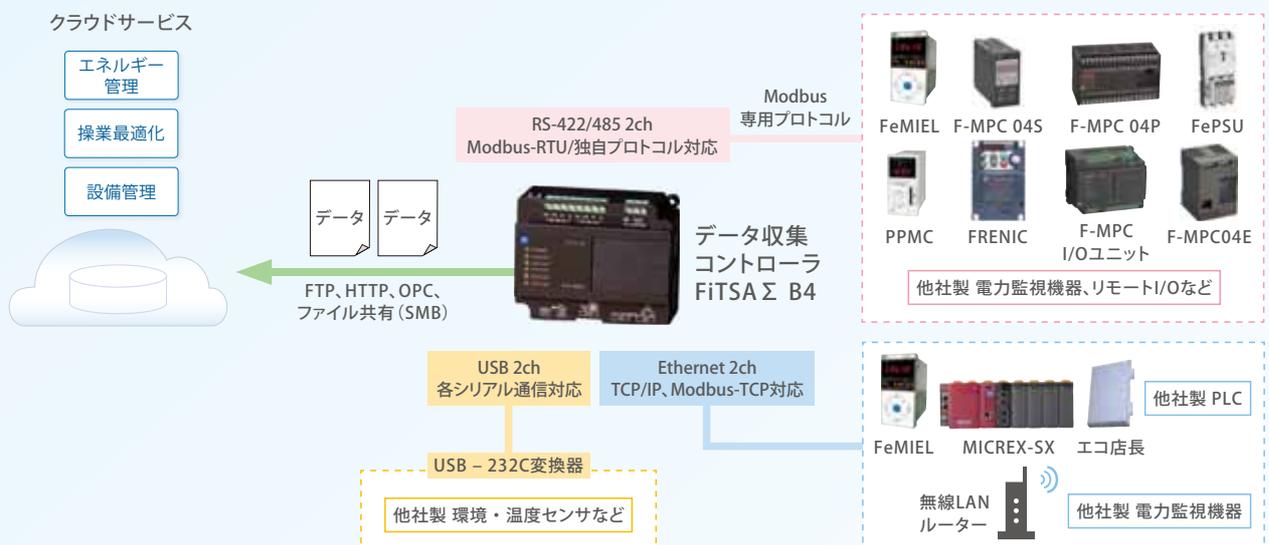
【システムの特長】

上位通信/下位通信それぞれについて、様々な通信方式に対応

- 上位通信：有線 (Ethernet)もしくは無線 (モバイル回線)に対応
- 下位通信：Ethernet、RS-485、USBを搭載。17メーカー (20シリーズ)の各種機器 (PLCなど)との接続実績あり

汎用OS搭載により、C、C++言語アプリケーション実装が可能*3

- 収集データのフィルタリングやデータ加工などを行うことにより、クラウドに転送するデータ量を適切に抑えることが可能 *3 当社によるアプリケーション開発が必要となります。



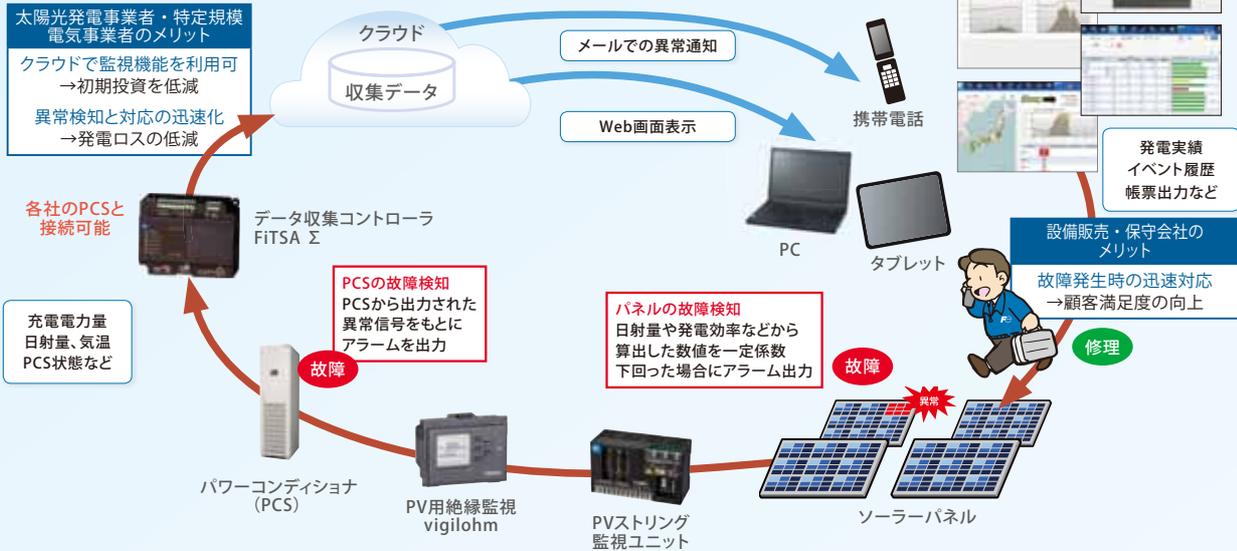
【機能概要】

- データ蓄積：収集したデータをCSVファイルとして蓄積し、外部記憶メディアに保存
- イベント監視：Web画面で事前に定義を設定したイベント（上下限值など）の発生を監視
- スクリプト実行：イベント発生時に予め設定されたスクリプトを実行（Lua, Ruby言語に対応）

【導入事例】

太陽光発電遠隔監視 & メンテナンスサービス

- フィールド機器のデータを収集し、クラウドへ転送
 フィールド機器：太陽光パワーコンディショナ（PCS）、ストリング監視ユニット、リモートI/O
 解析・最適化：クラウドでの稼働監視と異常検知サービスを実施



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドもしくはオンプレミスサーバ				
サーバ	回線	Ethernet (LAN、携帯電話)				
接続I/F	プロトコル	FTP、メール				
エッジコントローラ		FITSA Σ				
エッジ	回線	Ethernet、RS-485、RS-232C				
コントローラ	接続I/F	プロトコル	SXローダコマンド、他社独自コマンド	F-MPC Net、Modbus RTU、他社独自プロトコル	Modbus TCP/RTU、他社独自プロトコル	他社独自プロトコル
計測・制御機器/他社機器			PLC (MICREX-SXもしくは他社製品)	電力監視機器 (F-MPC04など)	リモートI/O	各種センサ
計測・制御	回線		シリアル、AI/DI	AI/DI	AI/DI	—
I/F	プロトコル		—	—	—	—
計測・制御対象			計測機器全般	アナログ入力、デジタル入力	各種センサ	温度、湿度、照明など

FiTSA Σをはじめ、4種類のエッジコントローラをラインアップ

・既設システムやデータ収集ニーズに応じて、最適なものを選択可能

汎用	FA用	店舗用	エネルギー監視・制御用
データ収集コントローラ FITSA Σ B4	MONITOUCH V9	ECOMAXコントローラ	F-MPC Webユニット

【お問い合わせ先】 富士アイティ株式会社
 〒190-0012 東京都立川市曙町2-4-3 TISビル TEL:0120-71-5571
 E-mail:fit-product@fujielectric.com
 http://www.fujielectric.co.jp/fit/solution/components/fitsa/

IoTソリューション

Quick Startの鍵

エネルギーデータ収集コントローラ F-MPC Webユニット

データ収集により電力使用状況を「見える化」し、効果的な省エネ施策をサポート。

当ユニットと、各種計測・制御端末F-MPCシリーズを組み合わせることで、省エネのための電力監視が、簡単設定で実現します。

【導入によるメリット】

- ✓ 省エネ施策のための、データ収集・「見える化」・帳票作成が簡単に実現
- ✓ デマンド監視とパターン制御により、空調制御などの省エネ施策をサポート
- ✓ 設備・機器の運転状態監視とアラーム機能により、予防保全をサポート

【システムの特長】

Web画面で簡単設定

- 各種設定はWeb画面で簡単に行えます。電力監視の計測定義は最小3クリックで完了し、計測がスタートします。

Web画面で電力監視

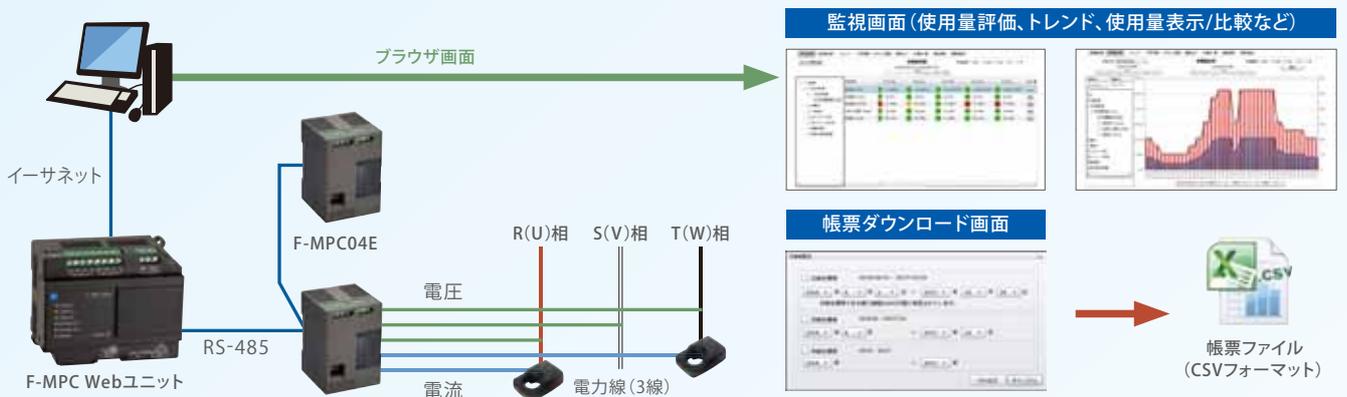
- データ閲覧は汎用ブラウザでWeb画面を開くだけです。帳票ファイルもCSV出力画面から簡単にダウンロードできます。

Web画面で省エネ制御

- デマンド監視とパターン制御を内蔵。制御パラメータを選択するだけで、空調などのパターン制御による省エネ施策をサポートします。

Web画面で予防保全

- 設備・機器の状態監視、電流/漏電等のアラーム発報と、運転回数・稼働時間等の履歴管理がWeb画面上で可能です。



GOOD DESIGN

F-MPCシリーズ(電力計測、アナログ入力、絶縁監視、入出力(I/O)制御ユニットなど)と簡単接続



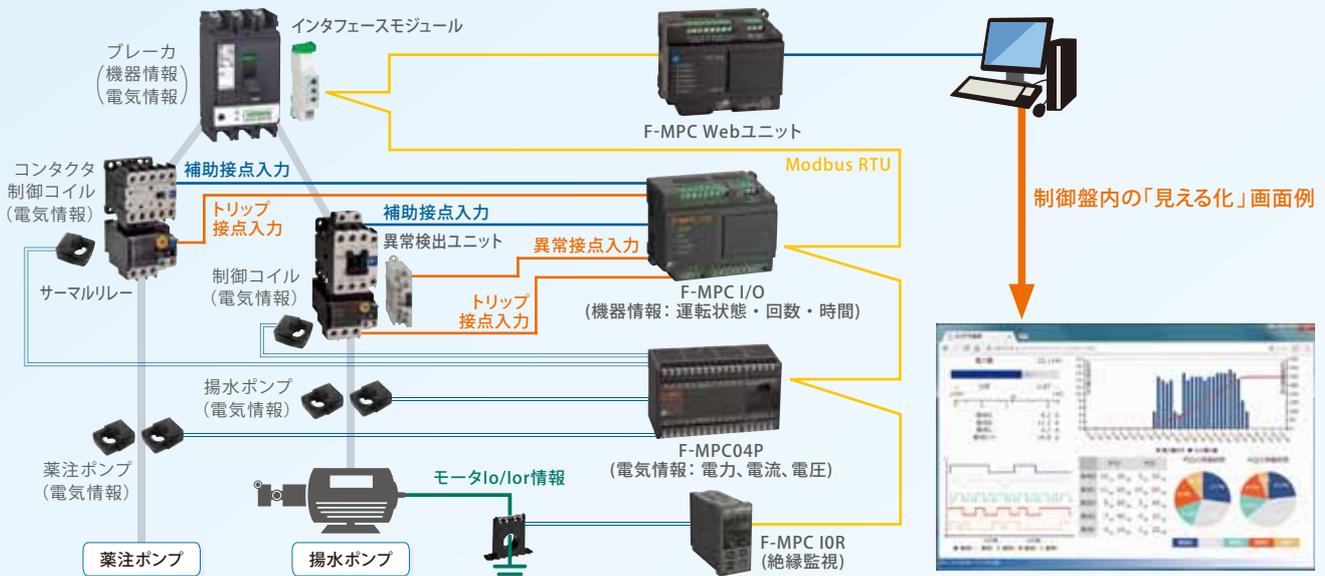
【機能概要】

- データ収集：使用量評価、使用量表示/比較、トレンドグラフなどを汎用ブラウザに表示
- 帳票(蓄積)：日報/月報/年報を自動作成。内蔵メモリ/microSD/外部サーバに保存が可能
- デマンド監視：30分デマンド監視を10件まで登録可能。警報時はメール通知や外部機器へ出力
- 省エネ制御：デマンド監視と合わせて、空調機器などのパターン制御(省エネ運転)が可能
- 状態監視：電流/漏電等のアラーム発報、設備・機器の状態・運転回数・稼働時間を監視
- ネットワークインタフェース(I/F)：Ethernet×2ch、RS-485×2ch、USB×2ch、microSDスロットを装備

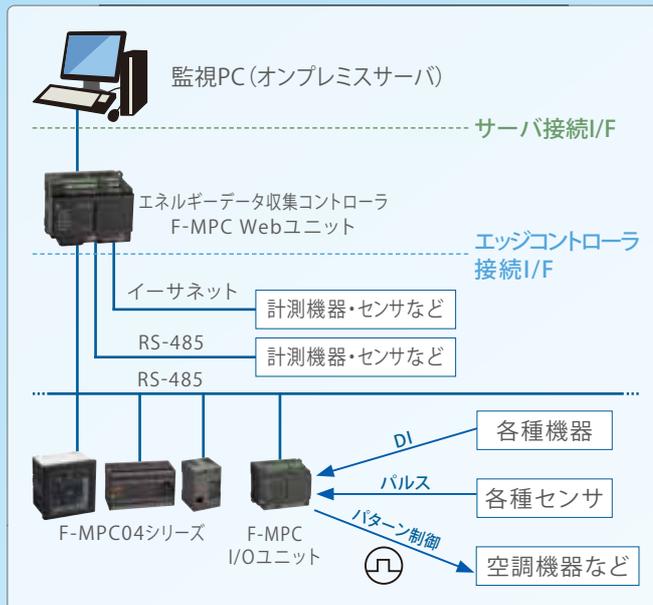
【導入事例】

制御盤での電力監視や、設備の予防保全に最適です。

- 制御盤の主幹ブレーカおよび、各負荷の消費電力を監視。
- F-MPC計測情報と機器からの入出力信号から、運転トレンドや運転回数・時間等の設備保全情報を収集。
- 運転トレンドに応じたしきい値を設定し、画面およびメールによるプレアラーム管理を実施。



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		監視PC (オンプレミスサーバ)	
サーバ接続I/F	回線	Ethernet (LAN)	
	プロトコル	HTTP、FTP、メール	
エッジコントローラ		F-MPC Webユニット	
エッジコントローラ接続I/F	回線	RS-485	Ethernet
	プロトコル	F-MPC Net、Modbus RTU	TCP/UDP
計測・制御機器/他社機器		F-MPCシリーズ、各種計測機器	各種計測機器
計測・制御I/F	回線	AI/DI	AI/DI
	プロトコル	-	-
計測・制御対象		アナログ/デジタル入力、温度、湿度など	

【お問い合わせ先】 富士電機機器制御株式会社
 〒369-0192 埼玉県鴻巣市南1-5-45 技術相談窓口 TEL:0120-242-994
 E-mail: ed-c@fujielectric.com http://www.fujielectric.co.jp/fcs/

IoTソリューション

工場 / 機械

ビル / 施設 / IDC

エネルギー / エネルギー流通

ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ

フォスグラス
FWOSP-Glass

FWOSP : Fuji Electric Wearable Operation Support Package

音声入力による現場作業記録の効率化と本部からのリアルタイム支援を実現。

インターネットに簡単に接続可能なウェアラブル端末により、本部と現場の情報をリアルタイムで共有でき、双方向コミュニケーションが可能に。現場の業務効率化と、技術やノウハウの伝承・蓄積をサポートします。

【導入によるメリット】

✓ 現場作業における品質と効率の向上

- 手順や実績を一元化することで作業を標準化し、組織的なシステム化へと進化させることができます。
- 端末への情報表示、音声入力によるハンズフリー化により、現場の作業効率をアップします。

✓ 技術やノウハウの伝承・蓄積が可能

- ベテラン技術者からの技能伝承とビギナー教育をサポートします。

【システムの特長】



【機能概要】

FWOSP 機能	スタンダード版	プレミアム版
本部と端末間で、音声・画像・テキストをリアルタイムで共有	○	○
本部 PC から端末へのテキスト表示、画像によるサポート	○	○
遠隔サポート状況をサーバに録画し、ビデオ再生・ダウンロード	○	○
端末で音声操作による作業手順表示、作業結果入力	—	○
端末で音声操作による作業手順に関連する動画などを表示	—	○
本部 PC で端末が入力した作業結果・実績を確認	—	○
作業手順の場所マスタ / 設備マスタ / 部位マスタの管理	—	○
本部 PC で端末が撮影した録画データの閲覧・ダウンロード	—	○

オプション対応：オフライン音声認識、ゲストユーザによる遠隔支援

【導入事例（遠隔サポート）】

本部



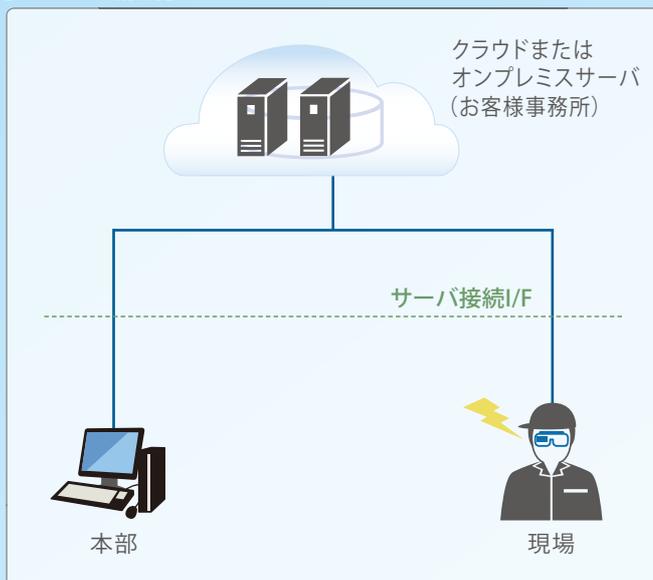
現場



○ 遠隔ビジュアル指示：ベテラン技術者が現場の作業者目線の画像を見て的確に指示します。

○ 現場の作業者：ベテラン技術者の指示を受けながら作業を実施することで無駄やミスをなくし、品質と効率が確保できます。

【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドまたはオンプレミスサーバ
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (WiFi)、 携帯電話網 (モバイルルータ経由)
	プロトコル	TCP/IP
他社機器		メガネ型端末

【お問い合わせ先】 パワエレシステム事業本部 サービス統括部 推進部 サービス支援課
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL:042-585-6143 <http://www.fujielectric.co.jp/>
[http://www.fujielectric.co.jp/products/service/\(サービスソリューション\)](http://www.fujielectric.co.jp/products/service/(サービスソリューション))

IoTソリューション

ビル / 施設 / IDC

構造ヘルスマモニタリングシステム

建物の揺れを常時監視することで経年変化を把握し、BCP(事業継続計画)対策を支援。

当社独自の感振センサで平常時の微小振動を計測し、蓄積したデータを解析することで、建物構造の経年変化を把握。地震発生時には建物の揺れを自動分析し、損傷度合を判定します。

【導入によるメリット】

- ✓ 建物構造の経年変化を把握し、適切な補修計画の策定をサポート
- ✓ 地震発生時の安全性を早期確認し、二次災害リスクの低減、早期の日常復帰を支援

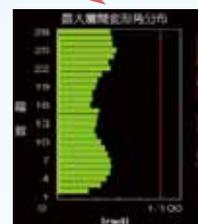
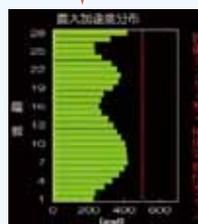
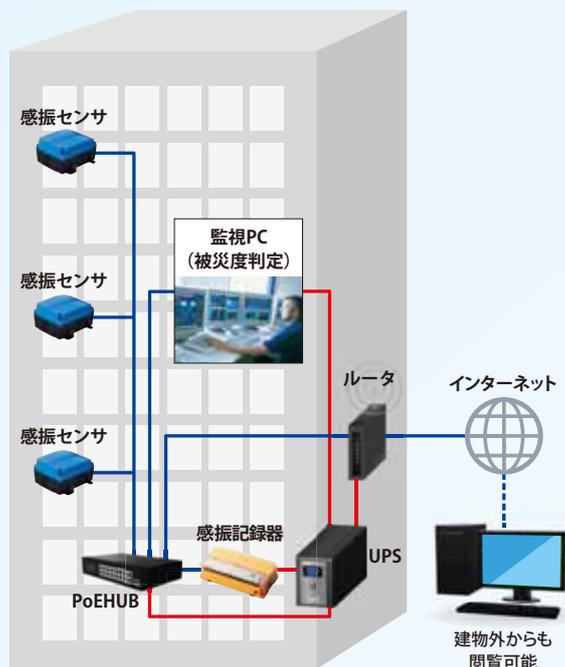
【システムの特長】

高分解能の感振センサにより平常時の微小振動を観測することで、建物の経年変化の把握が可能

地震発生時には、2つの指標により建物の安全性を診断

- 最大加速度分布：揺れの激しさを示し、棚の倒れや内外壁の崩れ、窓ガラスの破損等の指標になります。
- 最大層間変形角分布：建物構造の変形の大きさを示し、階の座屈や倒壊等、構造躯体の状況判断ができます。

監視PCでの画面表示例※



※画面中のビルメディカルシステムは戸田建設株式会社の登録商標です。

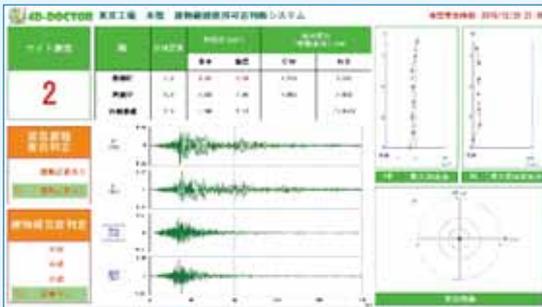
【機能概要】

- 加速度データ計測・収集：200Hzサンプル×3軸×センサ台数分のデータを計測・収集
- 振動解析(地震・微動)：地震発生時の被害状況を一次診断、常時微動データから経年変化を分析
- 情報表示：建物内の震度相当値、一次診断結果から建物安全性に関する情報を表示
- クラウド対応による複数拠点の統合管理：
クラウドを活用し、複数の建物・拠点から収集したデータを一括表示・集中管理

【導入事例】

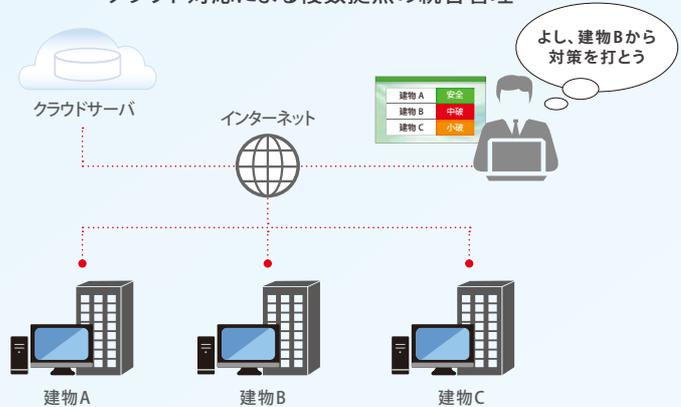
- 当社東京工場本館および松本工場の3棟に導入し、常時微動データの蓄積・解析、および地震発生時の振動データ収集・解析を継続的に行っています。これらの結果から、建物の経年変化や損傷度合を把握し、建物の補強・修繕計画の支援、およびBCP(事業継続計画)の支援を行います。

一次診断結果(例)※

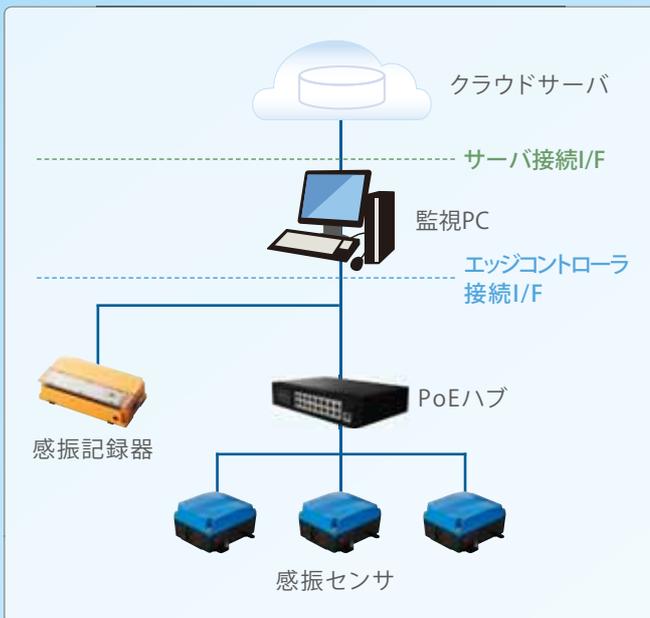


※画面中の4D-Doctorは東急建設株式会社の登録商標です。

クラウド対応による複数拠点の統合管理



【システム構成】



【接続構成】

サーバ		クラウドサーバ
サーバ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN)
	プロトコル	FTP
エッジコントローラ		監視PC
エッジ コントローラ 接続I/F	回線	Ethernet (LAN)
	プロトコル	独自プロトコル
計測・制御機器		感振センサ、感振記録器

【お問い合わせ先】 パワエレシステム事業本部 環境ソリューション事業部 産業流通技術部
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL: 042-514-9344 <http://www.fujielectric.co.jp/>

パワエレシステム事業本部 エンジニアリング統括部 システム技術センター 産業システム部
〒191-8502 東京都日野市富士町1 TEL: 042-585-6275

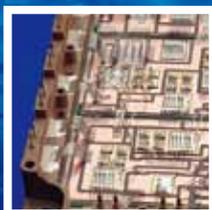
Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。

電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。



耐食・材料・熱水利用技術
地熱発電プラント



デバイス技術
IGBTパワー半導体



パワーエレクトロニクス技術
メガソーラー向けPCS
(パワーコンディショナ)



パワーエレクトロニクス技術
インバータ



パワーエレクトロニクス技術
UPS(無停電電源装置)



熱交換・冷媒制御技術
ハイブリッドヒートポンプ式
自動販売機

 **富士電機**